REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
DIREZIONE CENTRALE AMBIENTE E LAVORI PUBBLICI
SERVIZIO GEOLOGICO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
Sezione Georisorse e Ambiente

CARTA DEL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA FRIULANA

NOTE ILLUSTRATIVE

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici
Servizio Geologico

Università degli Studi di Trieste
Dipartimento di Ingegneria Civile
Sezione Georisorse e Ambiente

CARTA DEL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA FRIULANA

Note illustrative

A cura di:
Rinaldo Nicolich, Bruno Della Vedova, Michela Giustiniani
Università degli Studi di Trieste - Dipartimento di Ingegneria Civile

Con la collaborazione di:
Roberto Fantoni
ENI E&P - S. Donato Milanese, Milano

e con i contributi di:

Sandro Venturini, Dario Sartorio, Sergio Rogledi

ENI E&P, S. Donato Milanese, Milano

Alberto Castellarin

Dip. di Scienze della Terra & Geologico Ambientali, Università di Bologna

Chiara Barbieri

Dip. di Scienze della Terra, Università di Pavia

Francesca Catenacci

Dip. di Ing. Civile, Università di Trieste

Progetto della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici

Direttore del Servizio Geologico:

Tiziano Tirelli

Coordinatore Cartografia Geologica Regionale:

Mario Ravalico

Allestimento cartografico, prestampa digitale e stampa

Litografia Artistica Cartografica - Firenze

Trieste, Dicembre 2004

INDICE

PRESENTAZIONE ..... **Pag.** *5*

1. - INTRODUZIONE ..... » *6*

2. - OBIETTIVI ..... » *7*

3. - COLLABORAZIONI ..... » *7*

4. - BASE DI DATI ..... » *9*

5. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA PIANURA FRIULANA E VENETA ..... » *11*

5.1. - ASSETTO STRUTTURALE ..... » *11*

5.1.1. - *Le fasi estensionali mesozoiche* ..... » *11*

5.1.2. - *Le fasi compressionali cenozoiche* ..... » *11*

5.2. - ASSETTO STRATIGRAFICO ..... » *12*

5.2.1. - *Il ciclo sedimentario permo-mesozoico* ..... » *12*

5.2.2. - *Il ciclo sedimentario cenozoico* ..... » *15*

6. - MAPPE E SEZIONI ..... » *17*

6.1. - LA MAPPA DELLE ISOPACHE DEL QUATERNARIO NELLA PIANURA FRIULANA ..... » *17*

6.2. - LA MAPPA DELLE ISOBATE DELLA SUCCESSIONE CARBONATICA ..... » *23*

6.3. - SEZIONI GEOLOGICHE ..... » *23*

7. - CONCLUSIONI ..... » *27*

RINGRAZIAMENTI ..... » *27*

BIBLIOGRAFIA ..... » *29*

Presentazione

La Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia ha inteso promuovere la redazione e la diffusione della "**Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana",** quale contributo aggiornato e approfondito sulla conoscenza geologica del sottosuolo, valido strumento per un corretto utilizzo del territorio e per lo sfruttamento sostenibile delle risorse naturali.

Il Servizio Geologico della Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici, che cura l'attività di promozione e pianificazione degli studi e delle ricerche nel campo della geologia strutturale ed applicata e dell'idrogeologia, ai fini della conoscenza del suolo e del sottosuolo regionale, ha svolto, nel caso specifico, un'azione catalizzatrice coinvolgendo nell'iniziativa ENI-E&P, il maggiore gruppo industriale italiano impegnato nello sfruttamento delle georisorse. La Società ha assicurato la massima accessibilità a dati che, se da un lato non costituiscono più un'informazione strategica per la ricerca di idrocarburi, dall'altro rivestono un rilevantissimo interesse scientifico.

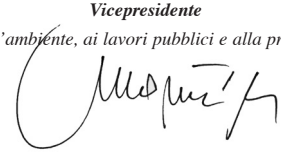
La Carta è stata realizzata nell'ambito di una convenzione di ricerca stipulata tra il citato Servizio Geologico e il Dipartimento di Ingegneria Civile - Sezione Georisorse ed Ambiente dell'Università degli Studi di Trieste, essendo responsabile del progetto il prof. Rinaldo Nicolich. Essa è la naturale continuazione e conclusione dello studio recentemente ultimato dallo stesso Dipartimento di Ingegneria Civile - Sezione Georisorse ed Ambiente e dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) per la **"Realizzazione dello studio preliminare degli acquiferi profondi della Pianura Friulana"**, con responsabile il prof. Bruno Della Vedova.

La Carta costituisce un elemento di indubbio valore scientifico, che può trovare una larga diffusione in ampi settori della comunità regionale, come quelli della ricerca, dell'educazione e della formazione. Essa rappresenta, inoltre, un utile strumento per gli operatori istituzionalmente preposti alla gestione del Territorio, i quali devono poter pianificare i loro interventi su solide basi scientifiche. L'utilizzo del territorio e lo sfruttamento delle risorse naturali si inquadrano così nel più vasto ambito dello sviluppo sostenibile, cioè della continua ricerca dell'indispensabile equilibrio tra le necessità di natura economica-industriale e le esigenze, altrettanto importanti, di tutela dell'ambiente.

Gianfranco Moretton

Vicepresidente

Assessore all'ambiente, ai lavori pubblici e alla protezione civile



1 - INTRODUZIONE

L'aggiornamento delle conoscenze geologiche del sottosuolo costituisce un primo passo verso un'organica valutazione dell'estensione e consistenza delle risorse idriche profonde al fine di una corretta gestione, protezione e salvaguardia della risorsa, strategica per l'economia regionale. A tale riguardo la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia (R.A.F.V.G.) aveva affidato all'Università di Trieste - Dipartimento di Ingegneria Civile (DIC) e all'Istituto Nazionale di Ocenografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), uno studio degli acquiferi profondi della Regione: Convenzione dd 09.12.1999, Rep. 7110. Gli obiettivi raggiunti in quello studio sono:

la ricostruzione della geometria, estensione ed eterogeneità delle formazioni quaternarie che contengono gli acquiferi di acqua dolce della Regione e il riconoscimento dell'assetto geologico e strutturale delle formazioni litoidi sottostanti, fino al tetto delle unità carbonatiche;

la caratterizzazione degli acquiferi profondi della bassa pianura, sia mediante indagini sismiche ad alta risoluzione sia mediante osservazioni puntuali delle stratigrafie dei pozzi.

Nell'ambito della suddetta Convenzione, era stata avviata una collaborazione scientifica con ENI-E&P Division che ha consentito l'utilizzo dei dati acquisiti nel corso dell'esplorazione petrolifera del sottosuolo della pianura friulana e del settore settentrionale dell'Adriatico (sezioni sismiche e pozzi).

Nello svolgimento del lavoro si sono inoltre utilizzati i dati geofisici acquisiti nell'ambito dei progetti denominati CROP (Scrocca et al., 2003) e TRANSALP (Transalp Conf.-Trieste, 2003).

L'ulteriore acquisizione di dati sismici ad alta risoluzione in località Canedo, in Comune di Precenicco (UD), situato nella zona litorale in prossimità di Lignano, ha sostenuto il raggiungimento degli obiettivi prefissi.

L'analisi critica di tutto il materiale disponibile è stata compendiata e poi restituita in forma digitale mediante una cartografia tematica di base, compatibile con il Sistema Informativo Territoriale Regionale. Questa sintesi ha facilitato il confronto del dato sismico con le informazioni dei pozzi profondi per l'esplorazione petrolifera e dei pozzi superficiali per le ricerche d'acqua.

I risultati ottenuti rivestono un significativo avanzamento nella conoscenza delle strutture profonde della pianura friulana e il Servizio Geologico della R.A.F.V.G. ha inteso valorizzarli con il conferimento dell'incarico all'Università di Trieste, Dipartimento di Ingegneria Civile, per la realizzazione, stampa e diffusione della **Carta delle Strutture Geologiche del Sottosuolo della Pianura Friulana** (Convenzione n. 8160 dd. 26.11.03), ridenominata per semplicità **Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana** ed illustrata nel presente fascicolo.

2 - OBIETTIVI

La **Carta del Sottosuolo della Pianura Friulana** si è concretizzata attraverso la raccolta, elaborazione, validazione, integrazione, sintesi ed informatizzazione di tutti i dati di sottosuolo disponibili. Essa presenta una mappa delle isopache del Quaternario in scala 1:200.000 (TAV. 1) che copre tutta la pianura del Friuli-Venezia Giulia e una mappa delle isobate del tetto delle successioni carbonatiche per l'area del Veneto orientale e Friuli in scala 1:300.000 (TAV. 2), scale ritenute adeguate ai dati disponibili. Il lavoro è completato da cinque sezioni geologiche in scala 1:200.000 (TAV. 3), ottenute dalla conversione in profondità di orizzonti interpretati su profili sismici a riflessione forniti dall'ENI-E&P o acquisiti nell'ambito dei progetti nazionali quali il CROP-Mare (profili M-17 e M-18, Scrocca et al., 2003) e internazionali, come la parte meridionale del profilo TRANSALP (*joint-venture* fra Italia, Austria e Germania: Transalp Conference, Trieste, 2003). Queste sezioni atttraversano la pianura del Veneto orientale, del Friuli e l'Alto Adriatico, secondo direzioni circa ortogonali ai principali lineamenti strutturali che hanno coinvolto l'avampaese adriatico durante le fasi di deformazione dinarica, alpina e appenninica. In TAV. 4 sono infine riportate le stratigrafie di tutti i pozzi profondi disponibili nell'area.

La carta costituisce un prezioso strumento d'interesse conoscitivo ed applicativo per il perseguimento di molteplici obiettivi, fra i quali menzioniamo:

la gestione del territorio,

la valutazione delle riserve idriche e del loro sfruttamento sostenibile,

la gestione dei rischi naturali, quali quello idrogeologico e sismico.

3 - COLLABORAZIONI

Il lavoro è stato realizzato dalla Sezione Georisorse e Ambiente del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Trieste che ha proposto e coordinato gli studi sugli acquiferi profondi della Regione Friuli Venezia Giulia e sulle strutture del sottosuolo.

Le sezioni sismiche e i dati di pozzo sono stati gentilmente forniti dall'ENI.

A Daniele Catellani, Dario Sartorio, Sandro Venturini si deve l'omogeneizzazione e la revisione delle stratigrafie dei pozzi ENI.

Le sezioni geologiche regionali sono basate sull'interpretazione dei profili sismici di Roberto Fantoni, con la collaborazione di Sergio Rogledi e Alberto Castellarin. La conversione in profondità è stata effettuata da Michela Giustiniani, Bruno Della Vedova e Rinaldo Nicolich, con la collaborazione di Chiara Barbieri.

L'elaborazione delle isopache del Quaternario è stata effettuata da Bruno Della Vedova e Michela Giustiniani, con la collaborazione di Sergio Rogledi.

La mappa delle isobate della sommità delle successioni carbonatiche è stata rielaborata da dati già presentati in letteratura.

La realizzazione grafica è di Michela Giustiniani e Francesca Catenacci.

La stesura dei testi è opera di Rinaldo Nicolich, Bruno Della Vedova e Michela Giustiniani, con la revisione di Roberto Fantoni.

4 - BASE DI DATI

I dati utilizzati per la costruzione della carta del sottosuolo possono essere compendiati nei seguenti insiemi d'informazioni:

Pozzi profondi: si tratta delle stratigrafie di 25 pozzi ubicati nel territorio regionale e nel Veneto centro-orientale, di cui ben 23 eseguiti dall'ENI-E&P (AGIP, 1972, 1977, 1994) con in più il pozzo Lido 1 eseguito dal C.N.R. e Span 1 perforato da un Consorzio Industriale.

Pozzi per acqua: sono stati utilizzati oltre 200 pozzi per la produzione d'acqua, selezionati fra i più rappresentativi ed attendibili del Catasto Regionale Pozzi (R.A.F.V.G., 1990) e dell'archivio del DIC, tutti con profondità fino alla base del Quaternario, scelti per coprire nella maniera più omogenea possibile il territorio, soprattutto nelle zone marginali della pianura.

Carote e misure in pozzo: per il riconoscimento delle successioni litostratigrafiche sono state effettuate analisi su un rilevante numero di stratigrafie da carote, e su logs da pozzo. Si tratta di sondaggi prevalentemente commissionati dalla Regione, dall'OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale) e da altri operatori fino a oltre 600 m di profondità per lo studio dei depositi quaternari e per la ricerca e lo sfruttamento di acque calde nella bassa pianura friulana. Anche i pozzi dell'industria petrolifera hanno tratti di foro carotati alle profondità di maggior interesse per la ricerca. Di alcune carote sono disponibili analisi sedimentologiche, geotecniche e datazioni radiometriche.

Sismica a riflessione: sono state utilizzate le linee sismiche a riflessione per l'esplorazione petrolifera o per studi della crosta terrestre. Esse sono servite per mappare la base del Quaternario e il tetto delle successioni carbonatiche e per costruire le sezioni geologiche.

Le immagini sismiche permettono una ricostruzione indiretta delle geometrie e delle caratteristiche geologiche del sottosuolo. Per una corretta interpretazione esse devono essere calibrate con i dati e le informazioni ottenute dai pozzi ed integrate con modelli geologici desunti dall'analisi delle successioni affioranti. In generale, il metodo sismico a riflessione permette una ricostruzione stratigrafica basata sul riconoscimento d'interfacce separanti formazioni geologiche caratterizzate da contrasti litologici significativi e spazialmente continui. Gli orizzonti sismici, rappresentati in sezioni che riportano i tempi di ritorno degli echi delle onde generate dalle sorgenti in superficie e riflesse dalle discontinuità nel sottosuolo, sono facilmente attribuibili a precise strutture geologiche. La ricostruzione delle strutture del sottosuolo solitamente riguarda l'interpretazione di una rete di linee sismiche le cui maglie sono state progettate per ricoprire al meglio l'area oggetto delle prospezioni. Ogni orizzonte sismico, selezionato su una sezione e analizzato maglia per maglia, andrà relazionato alle più elevate risoluzioni che puntualizzano le stratigrafie dei pozzi (restituite in tempi), dopo una conversione profondità-tempi tramite le funzioni di velocità di propagazione del segnale nei vari mezzi e dedotte da analisi sismiche o con misure effettuate nei pozzi stessi.

Altre indagini geofisiche: sono stati analizzati e utilizzati rilievi geofisici recenti (geoelettrica, gravimetria e sismica a rifrazione), eseguiti per diversi scopi e in aree limitate dalla Regione, dalle Università di Trieste e di Udine e dall'OGS.

Cartografia geologica: sono stati utilizzati i rilevamenti geologici, a diverse scale, che coprono l'alta pianura e la fascia collinare della Regione. Si tratta di rilievi eseguiti nel periodo successivo al terremoto del Maggio 1976, soprattutto a cura dell'Università degli Studi di Trieste.

Cartografia di base: la cartografia di base utilizzata per la realizzazione della carta è costituita dalla Carta Numerica Regionale (CRN). Le elaborazioni cartografiche e le restituzioni grafiche sono state condotte utilizzando programmi AutoCad Map 2000 e GIS (ArcInfo e ArcView 3.2).

5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELLA PIANURA FRIULANA E VENETA

L'ampia regione esaminata ha rappresentato, durante le fasi compressive del Cenozoico, l'avampaese per le catene che la delimitano: le Dinaridi ad est, le Alpi Meridionali a nord, gli Appennini a sud-ovest.

5.1. - Assetto Strutturale

L'area analizzata è caratterizzata da una tettonica estensionale mesozoica e da una tettonica compressionale recente.

5.1.1. - *Le fasi estensionali mesozoiche*

La pianura del Friuli costituisce la parte più orientale della pianura veneta, limitata a nord dalle Alpi Meridionali, ad est dalle Dinaridi Esterne, mentre a sud digrada nelle lagune che bordano l'Alto Adriatico. Ad ovest, la pianura veneta si estende e si confonde con l'ampia Pianura Padana.

Durante le fasi estensionali del Mesozoico il territorio dell'attuale pianura friulano-veneta e dell'Adriatico settentrionale è stato caratterizzato dalla presenza di piattaforme carbonatiche (Casero et al., 1990), come la Piattaforma Friulana, e da bacini di acqua profonda o pelagici, come il Bacino Bellunese (Cati et al. 1989; Picotti et al., 2003).

La Piattaforma Friulana è stata caratterizzata, dal Giurassico Medio fino al Cretacico Inferiore, da una elevata velocità di aggradazione che ha creato una sopraelevazione di circa 1200-1500 m rispetto alle limitrofe aree bacinali (Fantoni et al., 2002). Oggi si può osservare l'irregolare margine sepolto di questa piattaforma, che si sviluppa con direzioni preferenziali di allungamento SE-NO (vedi la carta del tetto delle successioni carbonatiche in TAV. 2). In affioramento, la variazione di *facies*, da piattaforma a pelagica, è ben riconoscibile nel gruppo del Cansiglio, ove si ha il contatto fra le sequenze del Bacino di Belluno e quelle di piattaforma della Formazione del Cellina, passando attraverso il complesso di "*reef-talus*" della Formazione di M.te Cavallo (Casero et al., 1990).

La Piattaforma carbonatica mesozoica, estesamente affiorante nelle Alpi Meridionali e ben evidenziata nell'area di Lignano-Grado e nel Veneto nord-orientale, si estende dalla latitudine di Trieste verso sud, in Istria e fino al centro dell'Adriatico settentrionale. Ad ovest della Piattaforma Friulana si apre il Bacino Bellunese.

5.1.2. - *Le fasi compressionali cenozoiche*

A partire dal Cretacico Sup. inizia la formazione delle catene che attualmente bordano la pianura veneto-friulana. Mentre il settore centrale dell'area esaminata rimarrà in posizione d'avampaese indeformato, ai margini delle catene si realizzeranno, invece, in tempi diversi, pronunciate flessurazioni con la creazione di bacini d'avanfossa.

Avanfossa dinarica

Tra il Paleocene e l'Eocene, il settore nord-orientale dell'avampaese friulano-adriatico risulta flessurato verso la catena dinarica. Il bacino è progressivamente riempito da sedimenti torbiditici (*Flysch*) provenienti dallo smantellamento della stessa catena.

Verso le Alpi Meridionali non si hanno invece significativi piegamenti con creazione di spazio. Sul lato nord-occidentale della Piattaforma Friulana, però, gli stessi depositi torbiditici (affioranti nella sinclinale di Belluno: cfr. pozzo Sedico 1 in TAV. 4) riempiono le depressioni morfologiche ereditate dai cicli tettonici precedenti. La Sezione AA' (TAV. 3), calibrata con i pozzi Sedico 1, Nervesa 1 e Volpago 1, fornisce un'immagine rappresentativa delle geometrie e delle modalità di progressivo riempimento del bacino (Fantoni et al., 2002).

Contemporaneamente i bacini presenti al margine occidentale e meridionale della Piattaforma Friulana (Bacino Nord-Adriatico) sono gradualmente riempiti da depositi terrigeni prevalentemente fini.

Avanfossa sud-alpina

Il riempimento del Bacino Bellunese e del Bacino Nord-Adriatico si completa tra il Cattiano e l'Aquitaniano. Nel Burdigaliano-Langhiano si instaura sulla Piattaforma Friulana e sui bacini colmati una piattaforma terrigeno-carbonatica. La composizione dei sedimenti arenacei suggerisce un'alimentazione dalla regione assiale della catena sud-alpina (Stefani, 1987; Fantoni et al., 2002). Le geometrie di questi depositi mostrano un progressivo, ma debole, ispessimento in direzione settentrionale, indicando che l'avampaese doveva flettersi debolmente verso nord, quale riflesso di un carico alpino ancora lontano. Verso est non vi è in questo periodo alcuna evidenza di flessura ai piedi della catena dinarica.

Per contro, dal Serravalliano al Messiniano Inferiore, il margine delle Alpi meridionali subisce invece una forte subsidenza e si sviluppa un'avanfossa con successioni sedimentarie che superano i 3000 m a nord (1500 m nel pozzo Nervesa e circa 1800 m nel pozzo Gemona 1). Questi depositi s'assottigliano rapidamente verso l'avampaese esterno (bassa pianura friulana e Adriatico settentrionale). La loro natura indica principalmente una sorgente carbonatica presente nel dominio sud-alpino, mostrando dunque un'innalzamento della catena che inizia in questo periodo a fornire una grande quantità di clastici (Fantoni et al., 2002; Zattin et al., 2003).

Nel Tortoniano si assiste alla deformazione e al sollevamento della catena in corrispondenza dei sistemi strutturali giudicariense e valsuganese. Mediante analisi termocronologiche ("*fission tracks*", Zattin et al., 2003), si è confermato un sollevamento della catena di 3-4 km nel periodo di tempo compreso fra 10 e 6 Ma. Questa fase tettonica, e la conseguente variazione del carico litostatico, concorda con la flessione osservata nell'avampaese (Barbieri et al., 2003).

Nonostante le intense fasi tettoniche che hanno interessato dal Messiniano Sup. al Pleistocene Inf. il margine sud-alpino e quello dinarico (strutture del Montello, cfr. Sezione AA' in TAV. 3, e struttura di Cargnacco, cfr. Sezione DD' in TAV. 3) non sono riconoscibili significative flessurazioni indotte sull'avampaese, sia verso NE che verso N. Per contro, la zona costiera veneta e l'Adriatico nord-occidentale risentono fortemente della migrazione verso NE dell'avanfossa appenninica. Infatti, le turbiditi del sistema Appennino-Nord Adriatico hanno raggiunto l'attuale area costiera veneziana nel Pleistocene Sup. e il cuneo di queste turbiditi è trasgressivo sulla flessura dell'avampaese più meridionale (cfr. la parte SW della Sezione DD' in TAV. 3).

Dal punto di vista tettonico la restante parte dell'avampaese veneto-friulano permane essenzialmente indisturbata.

5.2. - Assetto Stratigrafico

Nel seguito sono brevemente descritte le formazioni presentate nelle stratigrafie dei pozzi, come riportate in carta (TAV. 4), e riprese anche nelle cinque sezioni sismiche convertite in profondità (TAV. 3). Queste successioni stratigrafiche coprono un intervallo di tempo che va dal Paleozoico all'Attuale. I due cicli tettonici principali (l'estensionale mesozoico e quello collisionale cenozoico) hanno esercitato un forte controllo sulla sedimentazione coeva. I depositi coevi alle fasi mesozoiche sono prevalentemente carbonatici; quelli coevi alle fasi compressionali cenozoiche sono quasi esclusivamente terrigeni.

5.2.1. - *Il ciclo sedimentario permo-mesozoico.*

Intrusione granitica del Paleozoico: Siluriano. Intrusione intercettata dal pozzo Assunta 1 alla base del *Gruppo di Raibl*.

Calcare di Trogkofel (**CTr**): Sakmariano. Formazione costituita da calcari, calcari marnosi e calcari dolomitici, con abbondanza di fossili, come alghe e briozoi (pozzo Amanda 1 bis).

Breccia di Tarvisio (**BTa**): Permiano Sup. Questa unità, in netta discordanza con il sottostante *Calcare di Trogkofel*, è composta da clasti carbonatici provenienti dall'erosione di quest'ultima formazione (pozzo Amanda 1 bis).

Formazione di Amanda (**FAm**): Permiano Sup. E' composta da *facies* carbonatiche di piattaforma ed indica l'instaurarsi di condizioni marine (pozzo Amanda 1 bis).

Calcare del Latemar (**CLa**): Ladinico Inf. Si tratta di tipici depositi di scogliera costituiti da calcari e dolomie (pozzo Amanda 1 bis). Superiormente questa formazione è ricoperta dalle *Vulcaniti ladiniche* o dalla *Formazione di Wengen*.

Vulcaniti (**Vul**): Ladinico. Si tratta di colate basaltiche sottomarine con lava a cuscini e dicchi (pozzi: Cargnacco 1, Ballan 1 e Amanda 1 bis).

Formazione di Wengen (**FWe**): Ladinico Sup. La successione inizia con un intervallo di ialoclastiti (sabbia vulcanica che deriva dalla polverizzazione esplosiva di lava in condizione subacquee) seguito da arenarie di varie granulometrie, marne ed argille di derivazione vulcanica e non (pozzo Amanda 1 bis), rappresentanti i prodotti di smantellamento delle aree vulcaniche emerse.

Dolomia Cassiana (**DCa**): Carnico Inf. E' costituita da depositi carbonatici delle scogliere successive agli eventi vulcanici del Ladinico Sup. E' divisa in due sequenze di progradazione sulle *facies* terrigene bacinali della *Fm. di Wengen* e sulla coeva formazione, sempre terrigena, di S. Cassiano (pozzo Amanda 1 bis).

Gruppo di Raibl (**GRb**): Carnico Sup. E' un'unità estremamente eterogenea e diversificata in litologia e spessore da zona a zona. E' formata da arenarie e peliti varicolori (pozzi Cargnacco 1, Assunta 1 e Amanda 1bis). Vi si associano conglomerati, dolomie, dolomie oolitiche e gessi, di probabile origine lagunare evaporitica. Il *Gruppo di Raibl* è confinato a tetto dalla *Fm. di Monticello*.

Formazione di Monticello (**FMo**): Carnico Sup. - Norico Inf. E' costituita da sequenze cicliche di dolomie grigie, inizialmente intercalate con livelli pelitici, a volte ricche di sostanza organica (pozzi Cargnacco 1, Ballan 1 e Amanda 1 bis). E' una *facies* tipica di ambiente subtidale o lagunare, presente quasi ovunque alla base della *Dolomia Principale*.

Dolomia Principale (**DPr**): Norico. Questa unità è organizzata secondo classici cicli peritidali: bancate omogenee di dolomia bianca, a grana cristallina con Megalodonti e gasteropodi, si alternano con livelli di dolomia fittamente stratificata, lamellare, a cui si associano pisoliti ed altre strutture di natura pedogenetica. L'ambiente di deposizione è di laguna e di piana tidale. La particolare successione di *facies* indica che la deposizione è avvenuta a profondità via via inferiori con temporanee esposizioni subaeree. Inferiormente essa poggia sulla *Fm. di Monticello* (pozzi Cargnacco 1, Ballan 1 e Amanda 1 bis).

Calcare di Dachstein (**CDa**): Norico - Retico Inf. E' costituito da calcari micritici grigio chiaro-nocciola, deposti a bassa profondità, in potenti banchi o a stratificazione indistinta in cui abbondano grossi lamellibranchi (pozzi Ada 1 bis, Assunta 1, Amanda 1 bis e Cesarolo 1). Sono osservabili tipiche sequenze cicliche peritidali, simili a quelle della *Dolomia Principale*, con sucessioni ordinate di intervalli ad interclasti, a Megalodonti e stromatoliti e da strutture legate al riempimento di cavità di dissoluzione. Questi depositi ricoprono la *Dolomia Principale*, anche se in alcune aree le due unità sembrano eteropiche.

Unità a Triasina (**Tr.na**): Retico. Dolomia a grana grossolana (pozzo Cargnacco 1) correlabile con analoghe *facies* del Pozzo Amanda 1 bis. Il contenuto fossilifero è costituito prevalentemente dal foraminifero *Triasina Hantkeni*.

Calcari Grigi (**CGr**): Lias Inf. - Medio. Sono costituiti in prevalenza da calcari grigi e nocciola a grana fine, in strati e banchi, depostisi generalmente in laguna, con subordinate intercalazioni di calcari bioclastici ed oolitici. Più in particolare, essi indicano una sedimentazione in acqua bassa con la presenza di una piattaforma carbonatica bordata da *reefs* oolitici con laguna interna relativamente protetta e una piana tidale ancora più interna (pozzi Cargnacco 1, Ballan 1 e Cesarolo 1). Sono eteropici con la *Fm. di Soverzene* (deposito bacinale) e poggiano sul *Calcare di Dachstein*.

Formazione di Soverzene (**Sov**): Lias Inf.-Medio. E' composta da calcari grigi e brunastri selciferi, spesso dolomitizzati, con frequenti intercalazioni torbiditiche, legate all'attività distensiva sinsedimentaria, e con livelli marnosi (pozzi Ada 1 bis, Assunta 1 e Amanda 1 bis). Questo deposito, tipico di ambiente di transizione e bacinale, poggia sulla *Dolomia Principale* e, nei settori periferici del bacino, sui *Calcari Grigi*.

Formazione di Igne (**Ign**): Toarciano. E' un'unità calcareo-marnosa varicolore e selcifera, ben stratificata, talora di tipo nodulare ad ammoniti (pozzi Ada 1 bis e Amanda 1 bis). Questa formazione, che giace direttamente sulla *Fm. di Soverzene*, rappresenta la prosecuzione della sedimentazione bacinale instauratasi nel periodo precedente.

Calcari del Vajont (**CVa**): Dogger. Sono formati prevalentemente da calcari oolitici nocciola con sottili intercalazioni di calcari micritici a radiolari (pozzi Sedico 1, Ada 1 bis e Amanda 1 bis). L'unità è il risultato della risedimentazione gravitativa di materiale neritico proveniente dal margine della piattaforma friulana, mentre le intercalazioni a grana fine rappresentano la sedimentazione bacinale.

Calcare del Cellina (**CCe**): Dogger - Malm - Cretacico Inf. Si tratta prevalentemente di calcari ben stratificati di ambiente lagunare e di piana tidale, di colore biancastro, grigiastro e brunastro, con scarsi macrofossili, con frequenti strutture di emersione, talora con brecce ed argille residuali e sporadiche stromatoliti (pozzi Arcade 1, Nervesa 1, Cargnacco 1, S. Donà di Piave 1 e Cesarolo 1). Eteropici con i *Calcari ad Ellipsactinie*, superiormente passano ai *Calcari di Monte Cavallo* o ai *Calcari di Monrupino*.

Formazione di Fonzaso (**Fon**): Oxfordiano - Kimmeridgiano Inf. Formazione costituita principalmente da calcari micritici a grana fine e ben stratificati, ricchi in noduli e liste di selce bruna o rossastra con abbondanti radiolari e selciferi brunastri con abbondanti radiolari (pozzi Sedico 1, Ada 1 bis e Amanda 1 bis). Lo spessore della formazione aumenta verso il margine orientale del bacino, dove sono frequenti intercalazioni calcarenitiche o calciruditiche dovute ad apporti torbiditici dal margine della piattaforma friulana.

Calcari ad Ellipsactinie (**CEl**): Oxfordiano - Kimmeridgiano. Sono calcari bioclastici e brecce, che nella zona interna della piattaforma passano al *Calcare del Cellina*, e rappresentano una *facies* di scogliera (pozzi Span 1, S. Donà di Piave 1 e Cesarolo 1). Questa unità si ritrova anche nel pozzo Bernadia 1, dove è sovrascorsa sul *Flysch di Grivò*, in seguito alle spinte dell'orogenesi dinarica.

Calcari di San Donà (**CSD**): Malm - Neocomiano. Calcari bioclastici con molluschi e coralli, depositi tipici di margine di piattaforma (pozzi Merlengo 1, S. Donà di Piave 1 e Cesarolo 1).

Rosso Ammonitico Superiore (**RA**): Kimmeridgiano Sup. - Titoniano Inf. Calcari selciferi che mostrano il tipico aspetto nodulare con colori dal grigio al rossastro (pozzi Sedico 1, Ada 1 bis e Amanda 1 bis). Si tratta di una successione condensata corrispondente ad una fase di riduzione degli apporti sedimentari.

Maiolica (**Mai**): Titoniano Sup. - Barremiano. Si tratta di calcari nettamente stratificati, nocciola e grigi, talora rosati, a grana finissima, con noduli e liste di selce (pozzi Sedico 1, Ballan 1, Ada 1 bis, Assunta 1, Amira 1 e Amanda 1 bis). Questa formazione è il prodotto della deposizione di fanghi e carbonato microcristallino nei bacini pelagici.

Calcare di Soccher (**CSo**): Malm - Cretacico. Si tratta di micriti ricche di selce scura o rossastra con interstrati marnosi, calcareniti e calciruditi ad elementi provenienti dalla Piattaforma Friulana (pozzo Amanda 1 bis). Tipici depositi delle aree marginali del bacino pelagico sono eteropici con la *Maiolica*.

Marne a Fucoidi (**MFu**): Aptiano-Albiano. Sono marne sottilmente stratificate, di colore variabile (pozzi Sedico 1, Ballan 1, Ada 1 bis, Assunta 1, Amira 1 e Amanda 1 bis).

Livello Bonarelli (**LB**): Turoniano. Livello guida che indica condizioni anossiche (pozzo Sedico 1).

Scaglia (**Sca**): Aptiano - Eocene Inf. Si tratta di calcari marnosi, marne verdastre e banchi di calciruditi e brecce. Questa unità, denominata anche scaglia alpina, è composta nel complesso di sedimenti neritici a cui si alternano frequentemente sedimenti neritici risedimentati o, a partire dal Cretacico Sup., apporti terrigeni silicoclastici, che vanno a costituire il *Flysch* in rapido accumulo nelle aree viciniori (pozzi Volpago 1, Sedico 1, Ballan 1, Ada 1 bis, Assunta 1, Amira 1, Amanda 1 bis ed Eraclea 1).

Calcari di Monte Cavallo (**CMC**): Cenomaniano - Campaniano. Questa formazione è costituita da calcari bioclastici biancastri ben stratificati con associazioni a rudiste che rappresentano *facies* di margine di piattaforma. Eteropici con i *Calcari di Monrupino* ed i *Calcari di Aurisina*, poggiano sul *Calcare del Cellina* (pozzi S. Stino 1 e Cavanella 1).

Calcari di Monrupino (**CMn**): Cenomaniano. Sono brecce dolomitiche che superiormente passano a calcari più o meno dolomitizzati e dolomie, di colore grigio scuro, con rudiste (pozzo Cargnacco 1). In questo membro dolomitico della *Fm. di Monrupino* sono talora presenti calcari nerastri fittamente stratificati con liste di selce. Eteropici con i *Calcari di Monte Cavallo*, poggiano sul *Calcare del Cellina*.

Calcari di Aurisina (**CAr**): Turoniano - Campaniano. Questa unità è formata da calcari grigi a stratificazione metrica, caratterizzati da radiolitidi ed ippuritidi, interi o in frammenti, che indicano il ripristino di normali condizioni di piattaforma (pozzo Cargnacco 1). Nella parte media dell'unità prevalgono *facies* più fini, con frequenti strutture di diseccamento, mentre nella parte alta dominano le *facies* a rudiste. Nella parte sommitale sono, inoltre, presenti importanti corpi di breccia, legate a prolungate fasi di emersione.

Calcari a Miliolidi (**CMi**): Paleocene Medio-Sup. Si tratta di calcari, potenti circa 50-100 m, caratterizzati da abbondanti foraminiferi che determinano una fitta punteggiatura biancastra (Miliolidae). La deposizione di questa unità indica l'istaurarsi di normali condizioni marine dopo un breve periodo di emersione. Essa spesso poggia in discordanza sui *Calcari di Aurisina* (pozzo Cargnacco 1).

Calcari a Nummuliti (**CNum**): Eocene Medio. Si tratta di calcari fossiliferi nocciola a stratificazione indistinta (pozzo Cargnacco 1). La deposizione di questa unità indica che il ciclo trasgressivo, iniziato con la deposizione dei Calcari a Miliolidi, prosegue con lo sviluppo di *facies* marginali.

Scaglia Cinerea (**ScaC**): Paleocene - Eocene. E' composta da calcari marnosi grigi e da marne cinerine più o meno argillose. E', in alcuni casi, eteropica con la parte superiore della *Scaglia*, e può essere considerata, in relazione alla frazione terrigena pelitica, una fase di "pre-*Flysch*" rispetto ai sovrastanti *Flysch* (pozzi Ballan 1, Sedico 1, Paese 1 dir, Eraclea 1, Jesolo 1 e S. Stino 1).

5.2.2. - *Il ciclo sedimentario cenozoico*

Flysch di Masarolis (**FMa**): Paleocene Medio-Sup. E' prevalentemente arenaceo con presenza di orizzonti calcioclastici (pozzo Span 1).

Flysch del Grivò (**FGr**): Paleocene Sup. - Eocene Inf. E' un *Flysch* composto da torbiditi silicoclastiche e carbonatiche con intercalati megastrati carbonatici (pozzi Span 1 e Bernadia 1). Si è originato prevalentemente dalla formazione di giganteschi corpi carbonatici di frana sottomarina. In alcuni punti poggia in discordanza angolare sulla piattaforma giurassico-cretacea, come documentato dal pozzo Bernadia 1.

Flysch di Ioanaz (**FIo**): Paleocene Sup. - Eocene Inf. Questa unità, conosciuta anche come megastrato di M. Ioanaz, può considerarsi come parte del *Flysch di Grivò*. Il modello di *facies* proposto da alcuni autori ne prevede la suddivisione in ben cinque unità (pozzo Span 1).

Flysch di Cormons (**FCo**): Eocene Inf.-Medio. Si tratta di alternanze pelitico-arenacee con sporadici livelli carbonatici, contenenti clasti di quarzo e selce, che verso l'alto passano a depositi deltizi di chiusura del bacino (pozzo Cargnacco 1).

Flysch di Clauzetto (**FCl**): Eocene Inf. Si tratta di un'alternanza di marne grigie e marne argillose, ricche di foraminiferi planctonici con livelli arenacei di colore grigio scuro e con frazione carbonatica nella parte sommitale (pozzo Gemona 1). Questo *Flysch* rappresenta un'unità depostasi in una fase del lungo ciclo sedimentario terrigeno a carattere torbitidico dell'Eocene.

Flysch di Jesolo (**FJe**): Eocene Sup. E' composto da sistemi torbiditici silicoclastici poco efficienti, depostisi a sud del margine meridionale della Piattaforma Friulana (pozzi Eraclea 1 e Jesolo 1).

Flysch di Belluno (**FBe**): Eocene. Tipico deposito torbiditico, è rappresentato da un'alternanza regolare di strati e banchi arenitici e marne grigie. A quest'ultime, spesso, si trovano intercalate biocalcareniti o biocalciruditi (pozzi Volpago 1 e Sedico 1). L'unità mostra un sensibile ringiovanimento verso Ovest, legato alla migrazione dell'asse deposizionale del bacino, quale riflesso dell'avanzamento del fronte dei sovrascorrimenti dinarici.

Marne di Possagno (**MPo**): Eocene Medio-Sup. Si tratta di marne prive di apporti clastici grossolani (pozzi Volpago 1, Eraclea 1 e Jesolo 1).

Marne di Gallare (**MGa**): Eocene Medio - Miocene. Si tratta di termini marnosi o argillosi, spesso associati a livelli arenaci di ridotta potenza, attribuibili a depositi torbiditici. L'ambiente di sedimentazione sembra compreso tra il neritico ed il batiale (pozzi Paese 1 dir, Merlengo 1, Arcade 1, Volpago 1, Assunta 1, Amira 1 e Amanda 1 bis).

Gruppo di Cavanella (**Cav**): Cattiano - Langhiano. Si tratta di depositi di piattaforma terrigeno-carbonatici (unità litostratigrafiche affioranti nelle Prealpi) ricchi di glauconite (pozzi Paese 1 dir, Merlengo 1, Arcade 1, Nervesa 1, Volpago 1, Gemona 1, Lavariano 1, Ballan 1, Ada 1 bis, Eraclea 1, Jesolo 1, S. Donà di Piave 1, S. Stino 1, Cavanella 1 e Cesarolo 1). Il gruppo è stato diviso in due unità di età Cattiano-Aquitaniana (*Cavanella A*) e Burdigaliano-Langhiano (*Cavanella B*).

Marne di San Donà (**MSD**): Tortoniano. Si tratta di marne e sabbie cementate con inclusioni minori d'argilla che indicano la progradazione della serie clastica (pozzi Paese 1 dir, Merlengo 1, Arcade 1, Nervesa 1, Volpago 1, Gemona 1, Lavariano 1, Ballan 1, S. Donà di Piave 1, S. Stino 1, Cavanella 1 e Cesarolo 1).

Conglomerati del Montello (**CMo**): Messiniano - Tortoniano. Si tratta di conglomerati prevalentemente calcarei e dolomitici, con intercalazioni sabbiose e siltose ad ostree e resti vegetali (pozzi Paese 1 dir, Merlengo 1, Arcade 1, Nervesa 1, Volpago 1 e Gemona 1). Questa formazione è legata a cicli trasgressivo-regressivi.

Sabbie di Eraclea (**SEr**): Pliocene Inf. Depositi composti prevalentemente da sabbie con intercalazioni di materiale argilloso (pozzi Ballan 1, Lido 1, Assunta 1, Rachele 1, Amanda 1 bis, Eraclea 1, Jesolo 1, S. Donà di Piave 1, S. Stino 1 e Cavanella 1).

Sabbie di Gisella (**SGi**): Pliocene Inf. Si tratta di depositi con prevalenti termini sabbiosi ed argillosi (pozzi Assunta 1 e Amira 1).

Argille del Santerno (**ASa**): Pliocene Inf. - Pleistocene. La formazione è costituita da argille di colore scuro fino grigio-verde, talora intercalate da livelli arenaci e sabbiosi (pozzi Ada 1 bis, Assunta 1, Rachele 1, Amira 1 e Amanda 1 bis).

Formazione di Lido (**FLi**): Pliocene Inf. - Pleistocene. Si tratta di calcari che testimoniano la presenza di piccole piattaforme carbonatiche, attraversate dai pozzi Lido 1 e Assunta 1, in corrispondenza della zona di rialzo periferico della costa veneziana.

Formazione di Paese (**FPa**): Quaternario. Formazione con prevalente matrice argillosa con intercalazioni sabbiose (pozzi Paese 1 dir, Merlengo 1, Ballan 1, Lido 1, Eraclea 1, Jesolo 1, S. Donà di Piave 1, S. Stino 1, Cavanella 1 e Cesarolo 1).

Formazione di Dolo (**FDo**): Quaternario. Questa formazione è composta prevalentemente da matrice sabbioso-argillosa con intercalazioni ghiaiose (pozzi Paese 1 dir, Merlengo 1, Arcade 1, Nervesa 1, Volpago 1, Lido 1, Eraclea 1, Jesolo 1, S. Donà di Piave 1, S. Stino 1 e Cesarolo 1).

Sabbie di Asti (**SAt**): Pleistocene. Sabbie argillose, argille sabbiose e silt che presentano passaggi abbastanza graduali da un litotipo all'altro (note come "Sabbie gialle" del bolognese e del margine padano). Questi depositi rappresentano *facies* di scarsa profondità in fase di riempimento dei bacini (pozzi Paese 1 dir, Lavariano 1, Ballan 1, Amanda 1 bis, Eraclea 1, Jesolo 1, S. Donà di Piave 1, S. Stino 1, Cavanella 1 e Cesarolo 1).

Formazione di Carola (**FCa**): Pleistocene. Questa formazione, compresa nelle sabbie di Asti, è composta prevalentemente da sabbie e argille (pozzi Ada 1 bis, Lido 1, Assunta 1, Rachele 1 e Amira 1).

Formazione di Ravenna (**FRa**): Pleistocene. Questa formazione fa parte delle Sabbie di Asti ed è composta prevalentemente da sabbie (pozzi Merlengo 1, Ada 1 bis, Lido 1, Assunta 1, Rachele 1 e Amira 1).

6 - MAPPE E SEZIONI

L'interpretazione dei profili di sismica a riflessione ha costituito la base per riconoscere le formazioni e gli elementi strutturali principali e ricostruire gli aspetti paleo-fisiografici ed evolutivi nell'area dell'avampaese della pianura veneto-friulana e dell'Alto Adriatico. Sono stati selezionati i profili più rappresentativi con direzioni ortogonali ai principali fronti d'accavallamento. Essi sono stati interpretati e convertiti da tempi di riflessione a profondità, sulla base di velocità dedotte dalla sismica, a loro volta calibrate sui pozzi esplorativi e interpolate regionalmente. La composizione di più profili ha permesso, infine, la costruzione delle cinque lunghe sezioni geologiche presentate in TAV. 3. Le sezioni illustrano adeguatamente i rapporti stratigrafici e strutturali del sottosulo della pianura.

La mappa delle isopache (linee di egual spessore) del Quaternario (TAV. 1) è costruita definendo innanzitutto il tetto delle formazioni pre-quaternarie. Insieme alla mappa delle profondità del tetto delle successioni carbonatiche (TAV. 2) essa completa l'illustrazione dell'andamento regionale di due dei più significativi e continui elementi geologici del sottosuolo della pianura.

La realizzazione della mappa delle isopache è iniziata con la calibrazione e conversione in profondità della linea sismica ad alta risoluzione (di oltre 2.6 km di lunghezza), acquisita dal Dipartimento di Ingegneria Civile - Università di Trieste in località Canedo di Precenicco, interpretata utilizzando i dati dei pozzi profondi (Cesarolo 1, di cui è stata messa a disposizione la stratigrafia rivisitata) e di quelli per la ricerca d'acqua (Pertegada, Canedo, Sette Casoni), disponibili in zona, e soprattutto le linee sismiche acquisite dall'ENI e presenti nell'area.

I confronti con le stratigrafie dei pozzi hanno facilitato la caratterizzazione litostratigrafica delle *facies* sismiche permettendo il riconoscimento delle diverse unità litologiche. La calibrazione eseguita nell'area litorale ha fornito un'interpretazione di riferimento anche per le aree della media pianura friulana, per la quale sono disponibili altre linee sismiche e pozzi.

La ricostruzione delle strutture del sottosuolo è stata perfezionata con la mappa delle isobate della sommità delle successioni carbonatiche, rappresentate nella pianura veneto-friulana dalle unità del Mesozoico, e, in corrispondenza dei sovrascorrimenti dinarici, anche da calcari del Paleogene (dal Daniano fino al Luteziano Inf.-Medio). Questo orizzonte è presente senza soluzione di continuità nel sottosuolo della pianura veneto-friulana, della quale definisce morfologicamente gli alti strutturali ed i bacini che hanno condizionato tutta la deposizione sedimentaria cenozoica.

6.1. - La mappa delle isopache del Quaternario nella pianura friulana

Il basamento pre-Quaternario nel sottosuolo della pianura friulana è costituito dalle unità sommitali di formazioni geologiche che mostrano una grande variabilità laterale, sia in termini di litologia che di età. Esso è costituito da litotipi carbonatici di età mesozoica o paleocenica, da rocce arenaceo-marnose in *facies* di *Flysch* di età eocenica, da siltiti, arenarie e conglomerati di età miocenica e da depositi clastici fini, marini o continentali del Pliocene. Mentre i calcari e il *Flysch* eocenico hanno limiti superiori facilmente identificabili nelle stratigrafie dei pozzi e sulle linee sismiche, i depositi miocenici e pliocenici non sempre presentano significativi contrasti d'impedenza acustica, sia fra di loro sia rispetto ai depositi quaternari sovrastanti. Inoltre, i conglomerati quaternari al di sotto dell'anfiteatro morenico e nella parte nord-occidentale della pianura non sono facilmente distinguibili dagli analoghi conglomerati del Messiniano Sup. (Pontico). La complessità tettonica del sottosuolo dell'alta pianura, che mostra una forte variabilità delle geometrie dei fronti di sovrascorrimento alpino (da nord) e dinarico (da nord-est) costituisce un ulteriore elemento di criticità. L'eterogenea distribuzione dei dati disponibili, l'insufficiente profondità e la scarsa affidabilità delle stratigrafie di diversi pozzi per acqua e la mancanza di precise

informazioni in aree di forte eterogeneità nei depositi, rendono inoltre ambigua la ricostruzione dell'andamento della base del Quaternario in diverse aree dell'alta pianura, orientale e nord-occidentale.

Per contro, lo studio sismico ad alta risoluzione nei pressi di Lignano ha fruito di dati d'elevata qualità per la caratterizzazione e calibrazione dei depositi quaternari e pre-quaternari. Quest'area è rappresentativa di un'ampia fascia della bassa pianura ove sono concentrati pozzi profondi (Cesarolo 1, Cavanella 1, S. Stino 1, S. Donà 1, Jesolo 1, Eraclea 1), molti pozzi per acqua (alcuni completati con *log*s geofisici) e linee sismiche.

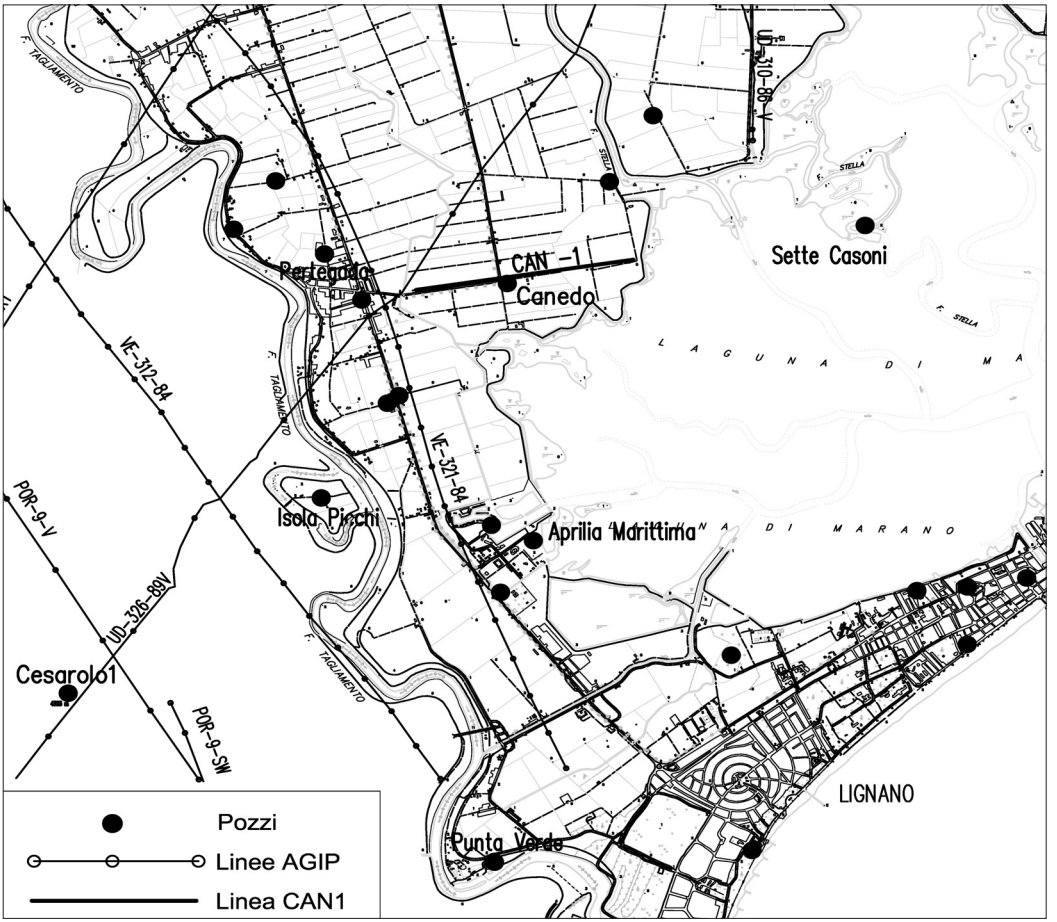


Figura 1: *mappa indice dei pozzi e delle linee sismiche nell'area test di Pertegada-Lignano. E' evidenziata la linea ad alta risoluzione CAN-1 insieme alla traccia d'altre linee sismiche ENI-AGIP per la ricerca petrolifera. Sono indicati i pozzi profondi (Cesarolo 1) e i pozzi geotermici (Canedo, Pertegada, Aprilia Marittima, Isola Picchi, Sette Casoni).*

La Figura 1 mostra la posizione della linea sismica e dei pozzi di riferimento per la calibrazione stratigrafica, mentre la Figura 2 presenta la sezione sismica convertita in profondità e interpretata sulla base della stratigrafia del pozzo Cesarolo 1, rivisitata e resa disponibile da ENI (Figura 3). In questo pozzo i depositi del Pleistocene ricoprono uno strato di circa 50 m di Pliocene. L'analisi geofisica per la caratterizzazione litostratigrafia, eseguita anche sulla base del confronto fra i *logs* da pozzo e l'immagine sismica, non fornisce elementi per la definizione

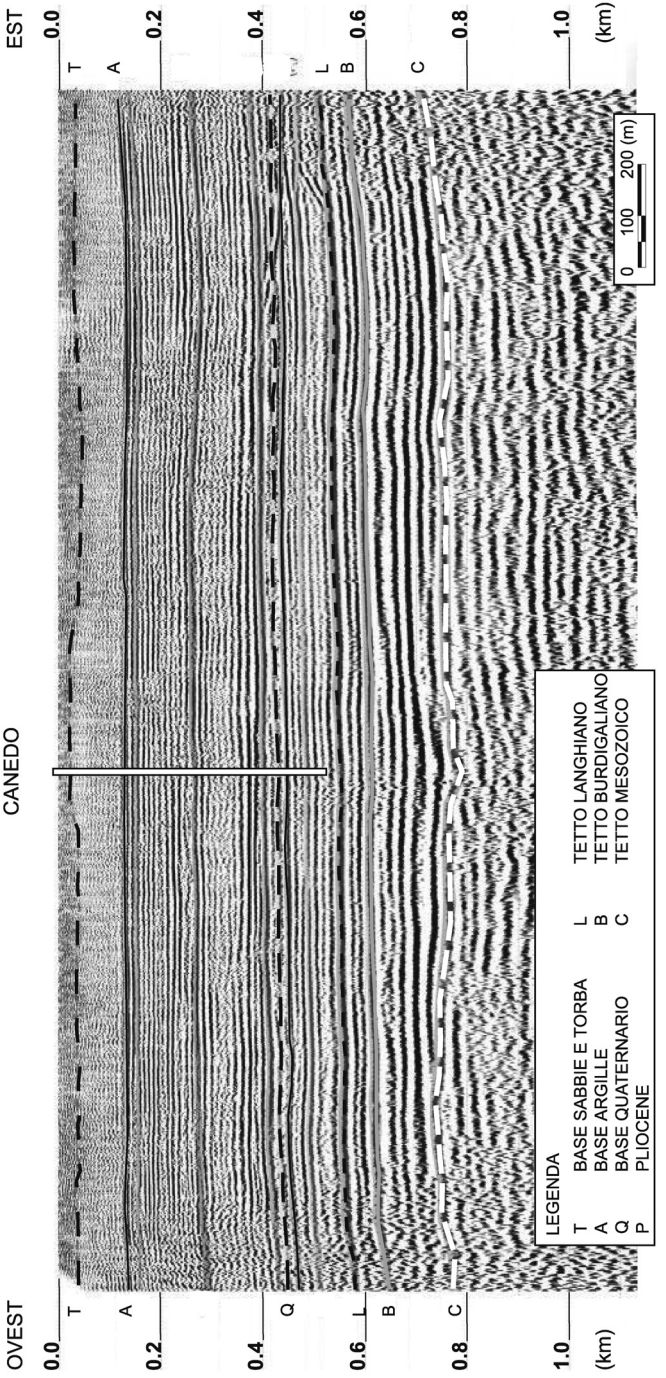


Figura 2: *Sezione sismica CAN-1 convertita in profondità ed interpretata utilizzando le informazioni desunte dai pozzi. E' riportato il pozzo geotermico Canedo.*

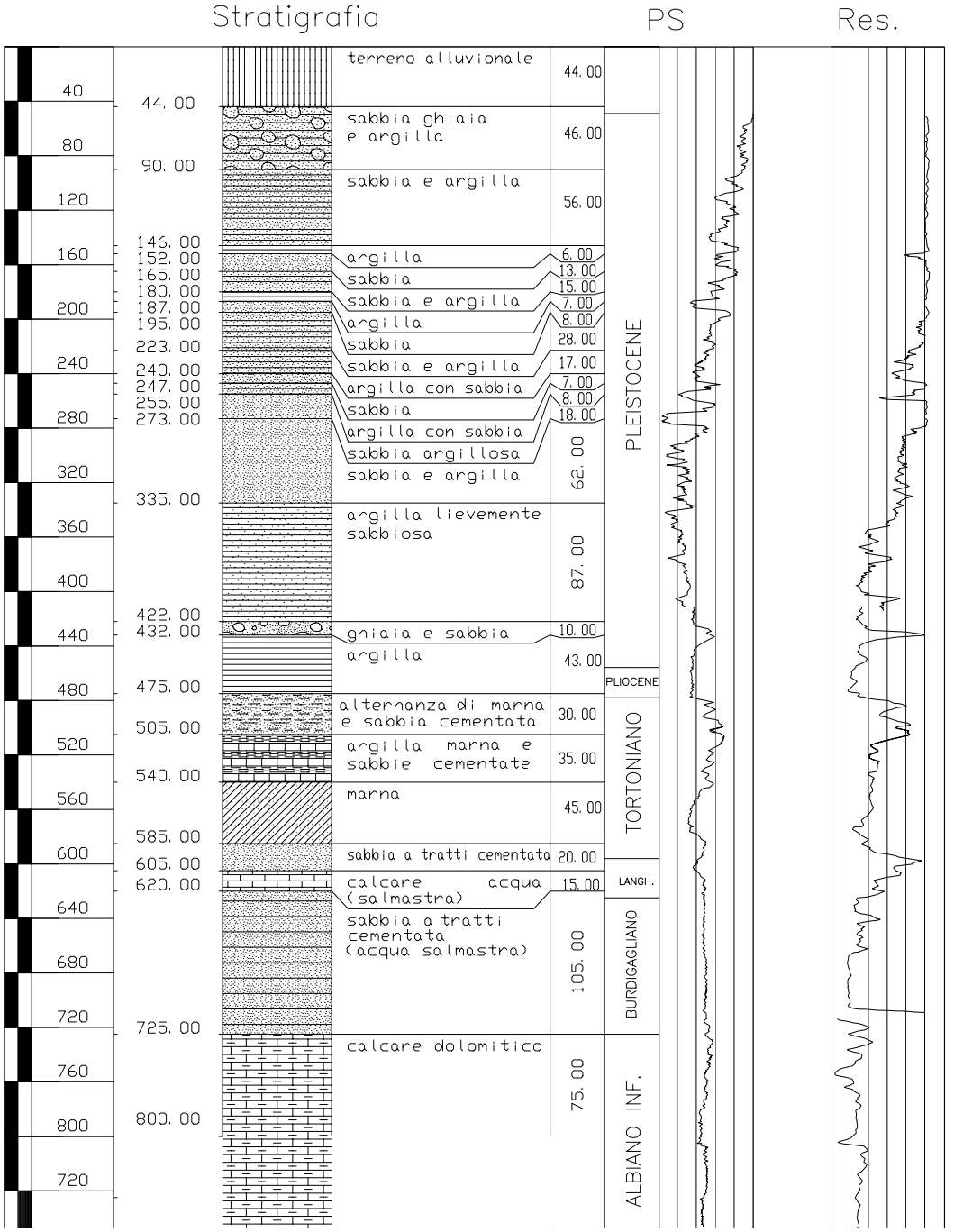


Figura 3: *Stratigrafia dettagliata delle successioni cenozoiche nel pozzo Cesarolo 1 integrate con i logs di resistività (Res.) e potenziali spontanei (PS).*

esatta dei limiti stratigrafici. La base del Pleistocene rimane pertanto non determinabile in modo univoco. In ogni caso il segnale sismico più contiguo al contatto Pleistocene/Pliocene è stato seguito sulla linea ad alta risoluzione di Figura 2 e sulle altre linee sismiche della pianura friulana occidentale, assegnando ad esso il significato più incerto di base del Quaternario, anche se più probabilmente esso corrisponde ad un orizzonte entro il Pliocene Superiore. Il pozzo per acqua in località Canedo (Figura 2) raggiunge gli acquiferi sabbioso-ghiaiosi del Miocene (Tortoniano), ad una profondità di 600 m circa, analogamente ai pozzi Pertegada e Sette Casoni (perforati nell'area, ma esternamente alla sezione sismica).

Per la costruzione della mappa sono state digitalizzate e georeferenziate le sezioni sismiche interpretate. I tempi di riflessione dal l.m.m., sono stati riportati su cartografia digitale e sono stati integrati con circa duecento altri valori puntuali, letti sulle linee sismiche adiacenti. L'insieme dei valori in tempo è stato infine interpolato mediante linee isocrone con spaziatura di 10 ms, dopo aver analizzato il raggio di correlazione spaziale dei dati. Questa mappa è stata discretizzata mediante una griglia regolare, con maglia di 500 x 500 m.

E' stata poi effettuata la valutazione della velocità sismica media per ciascuna formazione, movendo dalle aree dove coesistono stratigrafie dettagliate dei pozzi e linee sismiche interpretate. I valori della velocità media sono stati poi georeferenziati e interpolati con curve d'iso-velocità (con spaziatura di 50 m/s). La mappa delle velocità medie per i depositi quaternari è stata realizzata anche tenendo in considerazione le conoscenze geologiche di superficie (litologie, granulometrie, situazioni tettoniche, spessori).

La distribuzione areale delle velocità indica valori di poco inferiori a 2000 m/s nella zona costiera di Lignano-Marano-Grado e di poco superiori a 2500 m/s nell'area compresa fra i pozzi Lavariano 1 e Cargnacco 1 fino alla zona pedemontana delle Alpi Giulie. Regionalmente la velocità aumenta dalla costa (depositi limoso-argillosi prevalenti) a quella pedemontana (ghiaie, sabbie e conglomerati), verso N e verso NE. La variazione si mostra più marcata verso NE, in corrispondenza dei sovrascorrimenti dinarici.

La mappa delle isovelocità dei depositi quaternari è stata infine discretizzata con una griglia regolare, con maglie di 500 x 500 m. Dalla combinazione delle due mappe (prodotto della matrice tempi per la matrice velocità) si sono calcolate le profondità, dal livello mare, per ogni nodo della griglia. A questo insieme sono stati aggiunti più di un centinaio di punti, desunti da un insieme selezionato di pozzi per la ricerca d'acqua che hanno raggiunto il tetto del pre-Quaternario, localizzati soprattutto nelle aree marginali della Pianura.

Le isopache del Quaternario conseguono direttamente dai valori delle isobate dal l.m.m. e dal modello digitale del terreno (alla scala 1:25.000, con *pixel* di 100 x 100 m), eseguendo la somma delle due matrici. L'insieme dei nuovi punti è stato infine interpolato con linee di ugual spessore ogni 25 m, dopo aver analizzato il raggio di correlazione spaziale dei dati. In questo modo la mappa descrive la variabilità della copertura quaternaria anche nelle zone dell'alta pianura, in prossimità degli affioramenti rocciosi, dove la quota del terreno si avvicina a +200 m sul livello del mare. In mappa è indicata anche la distribuzione areale delle *litofacies* pre-quaternarie in affioramento: i depositi morenici, il limite dei rilievi montuosi e gli areali di competenza delle rocce pre-quaternarie ivi affioranti o sub-affioranti, suddivise in depositi clastici (Miocene), rocce arenaceo-marnose in *facies* di *Flysch* e successioni carbonatiche (Eocene Inf.-Medio - Cretacico). Non c'è evidenza di depositi pliocenici affioranti. Le unità cartografate corrispondono ad accorpamenti di unità geologiche sulla base dell'età e del dominio di appartenenza.

In generale, il cuneo di depositi quaternari si ispessisce verso ovest, secondo un asse con direzione preferenziale, da NE verso SO, andando a colmare il precedente bacino mio-pliocenico. Il massimo spessore (superiore ai 900 m) si rileva al margine nord-occidentale della pianura, ove il cuneo dei depositi quaternari s'interrompe bruscamente a ridosso delle falde sepolte delle Prealpi.

Nella zona costiera le culminazioni della piattaforma carbonatica agiscono sull'assottigliamento dei depositi quaternari. Essi, inoltre, diminuiscono progressivamente da 400 m a Lignano, a 270 m a Grado, a meno di 100 m a Monfalcone.

Una caratteristica dominante della mappa delle isobate del Quaternario è la rilevante variazione di spessore subordinata ai condizionamenti tettonici dei fronti sepolti dei sovrascorrimenti dinarici, con riduzione dei valori da più di 300 m, a SO, a valori inferiori ai 200 m a NE. Questa conformazione ha influenzato la classazione dei depositi alluvionali, determinando fasce a permeabilità differenziata e paleoalvei sepolti, che delimitano e drenano le diverse zone di richiamo dei bacini idrogeologici principali: del Torre, Malina, Natisone e Isonzo. Nell'area di Pozzuolo del Friuli e di Variano, a SO di Udine, si osserva che la base del Quaternario sale a quote superiori al l.m.m., in corrispondenza di una scaglia tettonica del sovrascorrimento dinarico che porta le molasse mioceniche ad affiorare nello scasso del Torrente Cormor.

La carta è molto approssimativa lungo le valli pedemontane e le aree topograficamente depresse in prossimità

dei rilievi pre-quaternari affioranti nella zona di transizione fra l'Alta Pianura e la fascia pedemontana, ove la scarsità di dati a disposizione, l'elevato grado di complessità del substrato quaternario, la mancanza di linee sismiche ad alta risoluzione, la difficoltà nel distinguere il Quaternario dal pre-Quaternario (quando i litotipi sono gli stessi) e la forte variabilità laterale della copertura, rendono poco attendibile o solo indicativa la ricostruzione degli spessori. Due esempi sono rappresentati dai conglomerati al di sotto dei depositi alluvionali sciolti, che possono essere sia quaternari sia pontici (Miocene Sup.) e dalle arenarie e siltiti tortoniane, presenti nella zona orientale della pianura, che possono essere scambiate con i termini flyschoidi dell'Eocene.

A nord della cerchia morenica, incluso il Campo di Osoppo, e nella pianura orientale (compresa fra i paleoalvei sepolti del Torre e dell'Isonzo), la base del Quaternario giace a quote superiori al l.m.m.. Spessori distintivi delle alluvioni quaternarie, determinati da strutture locali e di particolare rilievo, sono quelli della Piana di Osoppo (meno di 100 m), del subalveo del Torre, della zona di Nimis e Reana (fino a circa 300 m), del subalveo del Natisone, fra Cividale e Premariacco (fino a circa 200 m), e del subalveo dell'Isonzo, nella Piana Isontina (fino ad oltre 250 m). Al di sotto della cerchia morenica gli spessori del Quaternario sono stimati essere di circa 200 m.

La mappa dello spessore del Quaternario è quindi eterogenea per qualità e ha un carattere sinottico, rappresentando, in alcune parti, l'andamento medio regionale.

Nella porzione SO della Regione, la base del Quaternario corrisponde al tetto delle sabbie e argille plioceniche. Il riflettore sismico che lo indica è debole o discontinuo, mal differenziato nella risposta dai soprastanti depositi quaternari. Esso è stato verificato sulla base dei dati stratigrafici rivisitati del pozzo Cesarolo 1, e poi dai riscontri indiretti sui pozzi per la ricerca d'acqua. L'esteso cuneo di depositi pliocenici è grossomodo soggiacente all'area dove il Quaternario è spesso almeno 300 m. Sulla base dell'analisi delle stratigrafie dei pozzi (Cesarolo 1, Cavanella 1 e S. Stino 1) e delle linee sismiche, è stato possibile riconoscere queste serie plioceniche, generalmente ridotte a spessori inferiori ai 100-200 m, ma che localmente possono raggiungere i 300 m, come nella zona di S. Vito al Tagliamento. Qui il Pliocene chiude in trasgressione in corrispondenza di una discordanza su un primo alto strutturale del substrato messiniano e, alcuni chilometri più a monte, su un secondo, più circoscritto. Questi elementi possono essere indicativamente assunti come il probabile limite di deposizione delle argille del Pliocene marino, sedimentate in condizioni di mare poco profondo (nell'area SO), area separata da un dominio litorale marginale più interno, di ambiente lagunare e/o epi-continentale, con deposizione di sabbie e argille. Ancora più verso monte il Pliocene è costituito da depositi continentali (sabbie e argille) di tipo sub-litorale o lacustre e la sua base è indicata da una superficie d'erosione delle arenarie e sabbie del Tortoniano: manca la serie evaporitica messiniana.

I termini pre-quaternari più antichi s'incontrano nella parte orientale della pianura friulana, dove il Quaternario giace direttamente sul *Flysch* o sulle successioni carbonatiche. Le *litofacies* di base del Quaternario sono di difficile separazione da quelle del tetto del Miocene quando ambedue sono conglomeratiche. Questo si riscontra in due distinte aree: nell'alta pianura, ad occidente, e nella pianura centro-orientale (dalla posizione delle strutture sepolte del sovrascorrimento dinarico esterno fino a ridosso delle piane di Reana, di Cividale e Isontina). In altre parti, ove esiste una complessità nelle strutture tettoniche, come ad esempio sull'arco morenico e sui rilievi delle Prealpi Carniche e Giulie, la distribuzione areale delle *facies* mioceniche ricoprenti le unità flyschoidi sottostanti verso nord e verso est, non sono ben risolte per mancanza di dati particolareggiati.

Il tetto del Miocene verso occidente corrisponde ad una marcata discordanza erosiva del Messiniano sulla quale poggiano i sedimenti dell'ingressione marina pliocenica. Il tetto si approfondisce verso NO seguendo l'andamento strutturale regionale, mentre verso SE il Miocene termina in *onlap* sul sottostante *Flysch*.

La litologia dei depositi Miocenici è nota dai pozzi nella pianura e dagli affioramenti prealpini. La parte basale è costituita dal *Gruppo di Cavanella* che è identificato da un insieme di riflettori marcati e continui, corrispondenti ad arenarie e sabbie glauconitiche, tipiche di mare poco profondo, significativamente differenziato dalle unità del Miocene Sup. (Tortoniano), costituite da marne e arenarie, sabbie e argille. In prossimità dei rilievi prealpini, dove il Miocene si ispessisce, possono essere presenti anche depositi marnosi del Serravalliano (Miocene Medio). Infatti, il Miocene Medio e Superiore affiorante nell'area prealpina è costituito da marne di piattaforma esterna, serravalliane, con sovrastanti siltiti di prodelta e arenarie di fronte deltizio di età tortoniana, ed infine da conglomerati messiniani legati alla progradazione di una fascia pressochè continua di fan-delta e di conoidi alluvionali, alimentati dalla catena alpina in sollevamento (Massari et al., 1986). Questo complesso prende il nome di Molassa e indica *facies* di sedimentazione clastica di ambienti da continentale a costiero, sedimenti provenienti dall'erosione di una catena montuosa e deposti in tempi immediatamente successivi alla principale fase parossistica di sollevamento. Dall'avanfossa sud-alpina il Miocene si assottiglia verso la parte sud-orientale della pianura ove termina in *onlap* sul *Gruppo di Cavanella* (qui *Cavanella B* di età Burdigaliano-Langhiano) a sua volta in *onlap* sulle successioni carbonatiche e sul *Flysch* eocenico.

I termini della serie del *Flysch* eocenico sono presenti alla base del Quaternario nella parte orientale della Pianura Friulana. In particolare, è significativo il lobo che da Gemona si estende verso Sud, fino a ENE di Udine e quello della Bassa Pianura Isontina. La mancanza delle serie clastiche mioceniche al tetto del *Flysch* potrebbe essere legata alla intensa deformazione di questi settori avvenuta durante il Neogene, con conseguente esposizione delle molasse mioceniche all'erosione.

Il tetto del *Flysch* non ha risposta sismica univocamente caratterizzata nelle zone ove non c'è una chiara differenza di impedenza acustica rispetto ai depositi soprastanti delle arenarie del *Gruppo di Cavanella*, che, con la loro alta riflettività, possono mascherare la risposta sismica degli orizzonti sottostanti. Il termine *Flysch* indica *facies* di sedimentazione clastica di ambienti marini profondi, principalmente torbiditi, e riguarda la sedimentazione pre-orogenica, durante la fase che immediatamente precede l'attività parossistica di sollevamento della catena montuosa.

Nel pozzo di Cargnacco il *Flysch* è costituito da una serie clastica con alternanze di argille grigie, siltiti e arenarie a grana fine del Luteziano (Eocene Medio). Nel pozzo Lavariano essa è costituita da marne, marne argillose, talora arenacee, con frequenti intercalazioni di arenaria e arenaria calcarea, sempre del Luteziano.

Nella parte sud-occidentale della Regione, il *Flysch* eocenico chiude in *onlap* sull'alto strutturale della piattaforma mesozoica, al limite del bacino (avanfossa) alimentato dall'erosione della catena dinarica in sollevamento. Nella parte orientale il *Flysch* termina a ridosso delle faglie dei sovrascorrimenti dinarici più interni con forti ispessimenti. Nel complesso è ben visibile l'appronfondimento dell'orizzonte verso nord-ovest, conformemente all'andamento del tetto del Miocene.

Solo un limitato lembo di pianura all'estremità sud-orientale della Regione (Monfalcone, Staranzano, Ronchi e Fogliano) presenta depositi quaternari giacenti direttamente sui termini carbonatici che poi affiorano nel Carso monfalconese.

6.2. - La mappa delle isobate della sommità delle successioni carbonatiche

La ricostruzione delle isobate del tetto delle successioni carbonatiche su tutta la pianura del Veneto centro-orientale e del Friuli su un unico elemento cartografico, è stata uno degli obiettivi più importanti (TAV. 2). Nei dati sismici, il segnale al tetto dei carbonati è spesso debole quando le unità del *Gruppo di Cavanella*, o del *Flysch*, sono molto prossime o a contatto con i calcari. Questo avviene a causa dell'elevata riflettività delle alternanze proprie della formazione clastica che impedisce una buona trasmissione d'energia (vedi ad esempio la linea di Figura 2).

Risulta evidente in mappa la presenza dell'alto strutturale (Piattaforma Friulana) nella parte della pianura veneta orientale fino al Friuli meridionale, articolato in più culminazioni. La sommità della piattaforma è caratterizzata da una superficie di erosione che interessa il *Calcare del Cellina*. Questa superficie erosiva è ricoperta da terreni molto più giovani in chiara discordanza stratigrafica. L'ampia lacuna stratigrafica nella successione (mancano i termini del Paleogene) testimonia che la piattaforma è rimasta emersa per un lungo periodo, subendo probabili processi di erosione e carsismo. Secondo Cati et al., (1987) nella parte sud-occidentale della Regione la piattaforma carbonatica era di mare basso, con approfondimenti verso nord-est.

Al margine sud-occidentale della piattaforma si trovano le *facies* transizionali di mare profondo che portano all'ampio Bacino Bellunese.

Nella parte centro-orientale del Friuli i calcari sono interessati dall'intensa tettonica dinarica. Nella mappa presentata (TAV.2) la sua reale complessità è solo accennata con alcuni tratti semplificativi. Le strutture dinariche, che in alcuni tratti risultano sismogenetiche, mostrano anche come il dominio del Carso triestino-monfalconese sia strutturalmente svincolato dai sistemi di Gorizia-Gemona, più strettamente collegati ai lineamenti tettonici e alle trascorrenze della Slovenia centro-occidentale.

6.3. - Sezioni geologiche

Sono state realizzate cinque sezioni geologiche attraverso la pianura del Veneto centro-orientale e del Friuli (TAV. 3). Esse illustrano i rapporti stratigrafici e strutturali lungo le direzioni maggiormente rappresentative. Le sezioni, rappresentate alla scala orizzontale e verticale 1:200.000, sono lunghe da 67 a 140 km (tracce indicate in TAV.2) e raggiungono profondità media di 6-8 km. Esse forniscono una organica chiave di lettura delle mappe e delle successioni stratigrafiche precedentemente descritte.

Le sezioni geologiche AA' e BB' hanno direzione NO-SE ed evidenziano i caratteri della tettonica alpina e i rapporti strutturali e stratigrafici con l'avampaese adriatico; le sezioni CC', DD' ed EE', hanno direzione SO-NE per evidenziare più chiaramente le influenze della tettonica dinarica e di quella appenninica sullo stesso avampaese.

Le sezioni evidenziano:

a) le unità terrigene plio-quaternarie (in giallo), costituite da lenti di argille, silt, sabbie e ghiaie. Le argille plioceniche, legate alla fase di trasgressione marina, con al tetto una discordanza a carattere erosivo, sono indicate all'interno di questo insieme;

b) le unità terrigene dall'Oligocene Sup. fino al Miocene Sup. (in rosa antico), costituite dalle sabbie/arenarie e calcareniti del *Gruppo di Cavanella* (Cattiano - Langhiano) e dai depositi molassici (Serravaliano - Tortoniano), in *onlap* sulle arenarie e calcareniti del *Gruppo di Cavanella* e prodotti dall'erosione della catena alpina durante il sollevamento. Il tetto del Miocene è rappresentato dalla discordanza a carattere erosivo del Messiniano;

c) le unità dal Cretacico Sup. fino all'Oligocene Inf. (in marrone) costituite da: 1) *Flysch* eocenico nella parte nord-orientale in *onlap* sulla piattaforma carbonatica, rappresentato principalmente da marne argillose e arenarie; 2) depositi di riempimento del Bacino Bellunese, in *onlap* sulla scarpata della piattaforma carbonatica;

d) le successioni carbonatiche con età dal Mesozoico al Paleogene Inf. (in celeste), con caratteristiche di margine esterno nella parte sud-occidentale, con relativa scarpata, e di piattaforma interna al centro e verso nord-est;

e) le unità del pre-Carnico, individuate da un marker sismico, ben identificabile e continuo in tutta l'area, che mostra in modo preciso la discontinuità carnica, corrispondente ad un intervallo costituito da alternanze litologiche (*Gruppo di Raibl*). Il riflettore indica anche la base della Dolomia Principale, in affioramento nell'area dolomitica, e il tetto di tutte le unità del Trias Medio e Inferiore e del Permiano. Tutte queste formazioni, non facilmente correlabili su grandi distanze e su tutta l'area presa in esame, sono rappresentate in colore grigio.

SEZIONE AA'

La sezione **AA'** ha direzione N-S e corrisponde alla parte meridionale del profilo crostale TRANSALP che attraversa le Alpi da Monaco a Treviso. Essa si estende poi nell'avampaese adriatico seguendo altri profili sismici eseguiti per la ricerca petrolifera. La sezione mostra un approfondimento del tetto dei calcari mesozoici verso nord e verso sud-ovest. Al bordo sud-vergente delle Alpi Meridionali (fascia del Montello-Friuli), l'accrezione strutturale appare continuata durante il Messiniano e il Pliocene, con movimenti fino al Pleistocene. Questa evoluzione può essere riferita al sottoscorrimento profondo e all'identazione della litosfera adriatica sotto al prisma d'accrezione delle Alpi Orientali (Bertelli et al., 2003). Gli eventi tettonici regionali condizionano le sequenze deposizionali cenozoiche nei bacini con modulazione di cicli trasgressivi e regressivi.

Nell'Alto Adriatico, a partire dal pozzo S. Donà 1, s'incontra il margine sud-occidentale della piattaforma con il *talus*, zona di accumulo di detriti carbonatici. In *onlap* sul *talus* si sono deposti: la formazione della *Scaglia Cinerea*, costituita da calcari marnosi, che nei pozzi Amira 1 e Amanda 1, in Adriatico, è datata Paleocene - Eocene Inf.; le *Marne di Gallare* dell'Eocene Medio-Miocene Inf., presenti anche nella parte nord-occidentale della regione attraversata. Al di sopra (a partire dal pozzo Iesolo 1 verso nord) è presente il *Gruppo di Cavanella*, ben evidenziato nelle sezioni sismiche, con spessore abbastanza costante e non superiore a 200 metri. In *onlap* su questo s'incontra la Molassa miocenica, con una netto aumento di spessore verso la zona pedemontana prossima all'area di provenienza alpina, e un minimo nella parte distale meridionale. Il tetto del Miocene è troncato dalla'erosione messiniana su cui si sono deposti i sedimenti argillosi marini del Pliocene. Nella parte più settentrionale tali depositi possono essere costitutiti anche da *facies* transizionali costiere e/o continentali. In prossimità del tetto del Pliocene è individuata una discordanza erosiva sulla quale si sono depositate le alluvioni quaternarie.

Ai piedi delle colline pedemontane, appaiono intense deformazioni compressionali in corrrispondenza del sistema strutturale del Montello ove le successioni prevalentemente conglomeratiche del Pontico e del Villafranchiano (Plio-Pleistocene) sono coinvolte nelle deformazioni tettoniche. Queste successioni superano lo spessore di 2 km. Il primo sovrascorrimento, a sud del pozzo Volpago 1, che rivela la presenza del sistema frontale del Montello, ha controllato il prisma sedimentario esterno del Plio-Pleistocene. A nord di esso la sinclinale di Solighetto è posta proprio alla fronte della Flessura Frontale bellunese, sovrascorrimento vergente a sud costituito da un'unità triangolare. Il retroscorrimento della struttura del Montello viene a contatto con il cuneo tettonico sud-vergente della Flessura Frontale e la compressione piega e spinge verso l'alto la sinclinale di Solighetto e tronca la stessa flessura in profondità. L'importanza del thrust è indicato anche dal coinvolgimento in profondità del Paleozoico e delle unità del basamento cristallino. Ancora più a nord la sezione termina contro la linea di Belluno che delimita la sinclinale di Belluno, documentata dai dati del pozzo Sedico 1.

SEZIONE BB'

La sezione **BB'**, con direzione N-S, approssimativamente parallela alla sezione AA', conferma la flessurazione verso nord delle successioni carbonatiche mesozoiche. Verso sud si osserva la culminazione dei carbonati sull'alto strutturale di Lignano-Grado che a sua volta delimita verso NE il bacino di Belluno. La deposizione miocenica inizia con il *Gruppo di Cavanella* e, in *onlap* su questo, è presente la Molassa, troncata dalla discordanza messiniana. Al di sopra sono presenti le argille plioceniche e i clastici quaternari.

SEZIONE CC'

La sezione **CC'** ha andamento SO-NE. Nella parte più occidentale essa attraversa il Bacino di Belluno, interessato dagli eventi tettonici scledensi (zona del pozzo Ballan 1). Raggiunta la Piattaforma Friulana, si nota l'approfondimento dei carbonati verso NE e la presenza della parte più occidentale del sistema di sovrascorrimenti dinarici. Sopra i calcari, nella parte NE, è presente il *Flysch* eocenico deposto in *onlap* sulla piattaforma mesozoica. La deposizione miocenica comprende il *Gruppo di Cavanella* e la Molassa con al tetto la discontinuità messiniana. Successivamente si sono depositate le argille plioceniche che si chiudono in transgressione sul Messiniano, verso NE. Esse sono qui troncate da una superficie erosiva sulla quale si sono depositati i sedimenti alluvionali quaternari.

SEZIONE DD'

La sezione **DD'**, con andamento SO-NE, attraversa il margine esterno della piattaforma carbonatica e la scarpata con il *talus* su cui giacciono in *onlap* le *Marne di Gallare*. Nella parte nord-orientale, la piattaforma carbonatica lascia spazio ad un probabile bacino Friulano, che si approfondisce fino alla zona dei sovrascorrimenti dinarici controllati dal pozzo Cargnacco 1, che ha raggiunto in profondità le vulcaniti ladiniche. Nella parte nord-orientale si è deposto il *Flysch* in *onlap* sui calcari. Al di sopra è presente il *Gruppo di Cavanella* e la Molassa miocenica con al tetto la discordanza messiniana. Le argille plioceniche sovrastanti si chiudono in transgressione verso nord-est e al di sopra di queste, separate da una superficie erosiva, si trovano i depositi quaternari.

SEZIONE EE'

La sezione **EE'**, con andamento SO-NE, attraversa il Bacino Nord-Adriatico (Golfo di Venezia e Trieste) ed è calibrata sul pozzo profondo Amanda 1 bis che raggiunge le successioni permiane. E' chiaramente individuabile la scarpata e il *talus* che portano all'estensione a mare della piattaforma di Grado-Lignano sulla cui culminazione si è depositato direttamente il Quaternario, mancando i termini dall'Eocene al Pliocene.

7 - CONCLUSIONI

Lo studio del sottosuolo della Pianura Friulana e del Veneto orientale costituisce complessivamente un concreto contributo per la conoscenza del sottosuolo regionale e per la ricostruzione delle sue principali fasi evolutive: dinarica, alpina e appenninica. Il quadro interpretativo unitario descritto dalle mappe e sezioni geologiche qui presentate costituisce un elemento di indubbio valore scientifico, che nondimeno può trovare interesse e applicazione in ampi settori della comunità regionale preposti alla conoscenza, gestione e monitoraggio del territorio. La conoscenza delle sue strutture geologiche, la valorizzazione delle georisorse, quali la ricerca e la salvaguardia delle risorse idriche, la comprensione, gestione e prevenzione dei rischi naturali (geologico, idrogeologico, sismico), l'utilizzo programmato delle risorse geotermiche sono, infatti, tra gli obiettivi di primario interesse per la Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia l'ENI per l'autorizzazione all'utilizzo e alla rielaborazione di dati del sottosuolo.

Si ringrazia anche il prof. G.B. Carulli dell'Università di Trieste, incaricato dalla R.A.F.V.G. per la "Realizzazione e pubblicazione della carta geologica della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia alla scala 1:150.000" per la proficua collaborazione.

BIBLIOGRAFIA

AGIP, 1972 - *Acque Dolci Sotterranee*. Grafica Palombi, Roma, 914 pp..

AGIP, 1977 - *Temperature Sotterranee*. Fratelli Brugora, Segrate (Milano), 1390 pp.

AGIP, 1994 - *Acque Dolci Sotterranee (aggiornamento)*. AGIP S.p.A., Roma, 515 pp.

AMATO A., BARNABA P.F., FINETTI I., GROPPI G., MARTINIS B. AND MUZZIN A., 1977 - *Geodynamic outline and seismicity of Friuli-Venezia Giulia Region*. Boll. Geof. Teor. Appl., v. 19, n. 72, pp. 217-256.

BARBIERI C., BERTOTTI G., CATELLANI D., DI GIULIO A., FANTONI R. AND MANCIN N., 2002 - *Evolution of a complex foreland basin: toward a modelling of the venetian region (NE Italy*) - Real Mode 2002, 2-4 October 2002, San Donato Milanese Italy, Extended Abstracts, Boll. Geof. Teor. Appl., v. 452, pp. 139-143.

BARBIERI C., BERTOTTI G., CATELLANI D., DI GIULIO A., FANTONI R. AND MANCIN N., 2003 - *Flexural response of the Venetian foreland to the Southalpine orogeny analysed through 2D crustal modelling*. Transalp Conference, Trieste. Mem. Sc. Geol., v. 54, pp. 135-138.

BARBIERI C., BERTOTTI G., DI GIULIO A., FANTONI R. AND ZOETEMEIJER R., 2004 - *Flexural response of the Venetian foreland to the Southalpine tectonics along the Transalp profile*. Terra Nova, v. 16, n. 5, pp. 273-280.

BARNABA P.F., 1990 - *Considerazioni geologiche sul sottosuolo e sulle risorse idrotermali della zona di Latisana-Foce del Tagliamento (Province di Udine e Venezia)*. Mem. Sci. Geol., v. 42, pp. 343-359.

BERLASSO G. E CUCCHI F., 1991 - *Caratteristiche Geologiche e strutturali della Bassa Pianura Isontina (Friuli Venezia Giulia)*. Rend. Soc. Geol. It., v. 14, pp. 13-16.

BERNABINI M., BERNARDELLI P., COMIN C., COREN F., Giammetti S., Longoni R., Nicolich R., Orlando L., Palmieri F. and Zanolla C., 2003 - *Gravity data base and 2001 surveys*. Transalp Conference, Trieste. Mem. Sci. Geol., v. 54, pp. 33-36.

BERTELLI L., CANTELLI L., CASTELLARIN A., FANTONI R., MOSCONI A., Sella M. and Selli L., 2003 - *Upper crustal style, shortening and deformation age in the Alps along the southern sector of the Transalp profile*. Transalp Conference, Trieste. Mem. Sci. Geol., v. 54, pp. 123-126.

BOSELLINI A., 1996 - *Geologia delle Dolomiti*. Athesia, Bolzano, 192 pp.

BOSELLINI A. AND HARDIE L.A., 1988 - *Facies e cicli della Dolomia Principale delle Alpi Venete*. Mem. Soc. Geol. It., v. 30, pp. 245-266.

BRAMBATI A., CARULLI G.B., CUCCHI F., GIORGETTI F., LONGO SALVADOR G., MAROCCO R., ONOFRI R., STEFANINI S. E ULCIGRAI F., 1996 - *Gli aspetti fisici del territorio regionale. Elementi e metodologie per gli strumenti di pianificazione*. Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Dir. della Pianificazione Territoriale, Studi e Ricerche per il Piano Territoriale Regionale Generale, Trieste, Rapporto Tecnico, 147 pp.

BRAMBATI A., CARBOGNIN L., QUAIA T., TEATINI P. AND TOSI L., 2003 - *The Lagoon of Venice: geological setting, evolution and land subsidence*. Episodes, v. 26, 3, pp. 264-268.

CALORE C., DELLA VEDOVA B., GRASSI S., NICOLICH R. AND SQUARCI P., 1995 - *An Hydrothermal System along the Coastal Area of Friuli-Venezia Giulia Region (NE Italy)*. In: Proceedings of the World Geothermal Congr., Florence 18-31 Maggio, pp. 1269-1274.

CAPUTO R., POLI M.E. AND ZANFERRARI A., 2003 - *Neogene-Quaternary twist tectonics in the eastern Southern Alps, Italy*. Transalp Conference, Trieste. Mem. Sci. Geol., v. 54, pp. 155-158.

CARULLI G.B., CAROBENE L., CAVALLIN A., MARTINIS B., ONOFRI R., CUCCHI F. E VAIA F., 1980 - *Evoluzione strutturale Plio-Quaternaria del Friuli e della Venezia Giulia*. Contr. preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Pubbl. n. 356 del P. F. Geodinamica, pp. 488-545.

CARULLI G.B., GIORGETTI F., NICOLICH R. E SLEJKO D., 1982 - *Friuli zona sismica: sintesi di dati sismologici, strutturali e geofisici*. In: A. Castellarin e G.B. Vai (eds), Guida alla Geologia del Sudalpino centro-orientale. Soc. Geol. It., Guide Regionali, pp. 361-370.

CARULLI G.B., NICOLICH R., REBEZ A. AND SLEJKO D., 1990 - *Seismotectonics of the Northwest External Dinarides*. Tectonophysics, v. 179, pp. 11-25.

CARULLI G.B. E PONTON M., 1992 - *Interpretazione strutturale profonda del settore centrale carnico-friulano*. Studi Geologici Camerti, v. Speciale, a cura di R. Capozzi e A. Castellarin, Studi preliminari all'acquisizione dati del profilo CROP 1-1A, La Spezia-Alpi Orientali, Progetto Strategico Crosta Profonda - Sottoprogetto CROP 1-1A, v. 1992/2, pp. 275-284.

CASTELLARIN A. AND VAI G.B., 1986 - *Southalpine versus Po Plain Apenninic Arcs*. In: F.C. Wezel (ed), The Origin of Arcs, Elsevier, Amsterdam, v. 21, pp. 253-280.

CASTELLARIN A., CANTELLI L., FESCE A.M., MERCIER J.L., PICOTTI V., PINI G.A., PROSSER G. AND SELLI L., 1992 - *Alpine compressional tectonics in the Southern Alps. Relationships with the N-Apennines*. Ann. Tectonicae, v. VI, n.1, pp. 62-94.

CASERO P., RIGAMONTI A. AND IOCCA M., 1990 - *Paleogeographic relationships during Cretaceous between the Northern Adriatica area and the eastern Southern Alps*. Mem. Soc. Geol. It., v. 45, pp. 807-814.

CASSANO E., ANELLI L., FICHERA R. E CAPPELLI V., 1986 - *Pianura Padana, interpretazione integrata di dati geofisici e geologici*. 73° Congr. Soc. Geol. It., 1986, Roma, 27 pp.

CASTELLARIN A. E VAI G.B., 1982 - *Guida alla geologia strutturale del Sudalpino*. In: A. Castellarin e G.B. Vai (eds), Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale. Soc. Geol. It., Guide Regionali, 22 pp.

CASTELLARIN A. AND CANTELLI L., 2000 - *Neo-alpine evolution of the southern Eastern Alps*. J. of Geodyn., v. 30, pp. 251-274.

CATANI G. E TUNIS G., 2001 - *Caratteristiche sedimentologiche dei megabranchi carbonatici paleogenici del Bacino Giulio (Valli del Natisone, Friuli orientale)*. Acta Geologica, v. 77, pp. 81-102.

CATI A., FICHERA R. AND CAPPELLI V., 1987 - *Northeastern Italy, integrated processing of geophysical and geological data*. Mem. Soc. Geol. It., v. 40, pp. 273-288.

CATI A., SARTORIO D. AND VENTURINI S., 1987 - *Carbonate platforms in the subsurface of the Northern Adriatic area*. Mem. Soc. Geol. It., v. 40, pp. 295-308.

CAVALLIN A. AND PIRINI RADRIZZANI C., 1987 - *Geodynamic evolution of Friuli region (Northern Sector of African Promontory)*. Mem. Soc. Geol. It., v. 40, pp. 345-354.

C.N.R., 1990 - *Structural model of Italy. Scale 1.500 000, sheet 2*. P. F. Geodinamica, S.E.L.C.A., Firenze.

COUSIN M., 1981 - *Les rapports Alpes-Dinarides. Les confines de l'Italie et de la Yugoslavie*. Soc. Geol. Du Nord, v. 1, 512 pp. ; v. 2, 521 pp.

CREMONINI G. E RICCI LUCCHI F. (EDS), 1982 - *Guida alla geologia del margine appenninico-padano*. Soc. Geol. It., Guide Geologiche Regionali, 247 pp.

DAL PRÀ A. E STELLA L., 1978 - *Primo contributo alla conoscenza del termalismo idrico del sottosuolo della Bassa Pianura Veneto-Friulana alle foci del fiume Tagliamento*. Quad. Ist. Ricerca sulle Acque, vol. 34 (16), pp. 387-401.

DELLA VEDOVA B., MARSON I., NICOLICH R., BELLANI S., CALORE C., GRASSI S., SQUARCI P. E PERUSINI P., 1994 - V*alutazione di dettaglio delle strutture profonde nella Bassa Pianura Friulana*. Inventario delle risorse geotermiche nazionali, Rapporto Min. dell'Industria e dell'Artigianato, STAR, C.N.R. Pisa, 40 pp., 23 Figg., 2 Tav., 19 Tavole fuori testo.

DELLA VEDOVA B. E BRANCOLINI G., 2002 - *Studio preliminare degli acquiferi profondi della Pianura Friulana*. Rapporto Tecnico-Scientifico, R.A.F.V.G. Direzione Regionale dell'Ambiente, Servizio Geologico, 51 pp. e tavole allegate.

DONDI L. E D'ANDREA M.G., 1986 - *La Pianura Padana e Veneta dall'Oligocene Superiore al Pleistocene*. Giornale di Geologia, serie 3, v. 48, pp. 197-225.

FANTONI R., CATELLANI D., MERLINI S., ROGLEDI S. E VENTURINI S., 2002 - *La registrazione degli eventi deformativi cenozoici nell'avampaese veneto-friulano*. Mem. Soc. Geol. It., v. 57, pp. 301-313.

FANTONI R., DELLA VEDOVA B., GIUSTINIANI M., NICOLICH R., BARBIERI C., DEL BEN A., FINETTI I. AND CASTELLARIN A., 2003 - *Deep seismic profiles through the Venetian and Adriatic foreland (Northern Italy)*. Transalp Conference, Trieste. Mem. Sci. Geol., v. 54, pp. 131-134.

GIORGETTI F. E STEFANINI S., 1989 - *Vulnerabilità degli acquiferi del campo di Osoppo-Gemona all'inquinamento (provincia di Udine)*. C. N. R., Gr. Naz. Difesa Catastrofi Idrogeol., Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Dir. Reg. Ambiente, 11 tavole, Pubbl. Univ. Trieste, n. 125.

LEONARDI P., MORELLI C., NORINELLI A. E TRIBALTO G., 1973 - *Sintesi geologica e geofisica riguardante l'area veneziana e zone limitrofe*. Mem. Descr. Carta Geol. D'Italia, Serv. Geol. d'It., Roma , v. 34.

MARTINIS B., 1975 - *The Friulan and Julian Alps and Pre-Alps*. In Structural model of Italy. C.N.R.. Quaderni de La Ricerca Scientifica, pp. 17-49.

MARTINIS B., 1977 - Studio geologico dell'area maggiormente colpita dal terremoto friulano del 1976. C. N. R., Comitato per le Scienze Geologiche e Minerarie, P.F. Geodinamica, 393 pp.

MARTINIS B., 1993 - *Storia geologica del Friuli*. La Nuova Base Editrice, Udine, 268 pp.

MASSARI F., GRANDESSO P., STEFANI C. AND JOBSTRAIBIZER P.G., 1986 - *A small polyhistory basin evolving in a context of oblique convergence: the Venetian basin (Chattian to Recent, Southern Alps, Italy)*. Spec. Publ., Int. Ass. Sediment., v. 8, pp. 141-168.

MASSARI F., GRANDESSO P., STEFANI C. AND ZANFERRARI A., 1986 - *The Oligo-Miocene Molasse of the Veneto-Friuli region, Southern Alps*. Giornale di Geologia, serie 3, vol. 48/1-2, pp. 235-255.

MELLERE D., STEFANI C. AND ANGEVINE C., 2000 - *Polyphase tectonics through subsidence analysis: the Oligo-Miocene Venetian and Friuli Basin, north-east Italy*. Basin Res., v. 12, pp. 159-182.

MERLINI S., DOGLIONI C., FANTONI R. E PONTON M., 2002 - *Analisi strutturale lungo un profilo geologico tra la linea Fella-Sava e l'avampaese adriatico (Friuli-Venezia Giulia, Italia)*. Mem. Soc. Geol. It., v. 57, pp. 293-300.

OSSERVATORIO GEOFISICO SPERIMENTALE DI TRIESTE, 1981 - *Studio Idrogeologico della piana di Artegna-Buia-Gemona-Osoppo*. R.A.F.V.G. Dir. Reg. LL.PP., Servizio all'Idraulica., Rapporto Interno.

PICOTTI V., COBIANCHI M., FANTONI R. AND MASETTI D., 2003 - *Mesozoic extensional tectonics in the eastern sector of the Southern Alps*. Transalp Conference, Trieste. Mem. Sci. Geol., v. 54, pp. 131-134.

PIERI M. AND GROPPI G., 1981 - *Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy*. Pubbl. 414 del P. F. Geodinamica (C.N.R.), n. 13.

REGIONE AUTONOMA FRIULI -VENEZIA GIULIA, 1973 - *Indagine idrogeologica eseguita nella Piana di Artegna, Osoppo, Buia e Gemona del Friuli, con perforazione di 14 piezometri*. Dir. Reg. LL.PP., Rapporto Interno.

REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA, 1990 - *Catasto regionale dei pozzi per acqua e delle perforazioni eseguite nelle alluvioni quaternarie e nei depositi sciolti del Friuli-Venezia Giulia*. 6 volumi stratigrafie, 2 volumi cartografie, Dir. Regionale dell'Ambiente, Trieste.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA E ENI-AGIP, 1988 - *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. Di Dio, S.E.L.CA., Firenze, 120 pp. e 9 Allegati.

ROURE F., POLINO R. AND NICOLICH R., 1990 - *Early Neogene deformation beneath the Po plain: constraints on the post-collisional Alpine evolution*. Mém. Soc. Geol. France, v. 156, pp. 309-322.

SELLI R., 1953 - *La geologia dell'alto bacino dell'Isonzo (Stratigrafia e tettonica)*. Giorn. di Geol., v. 2, n. 19, pp. 1-153.

SCROCCA D., DOGLIONI C., INNOCENTI F., MANETTI P., MAZZOTTI A., BERTELLI L., BURBI L. AND D'OFFIZI S. (EDS), 2003 - *CROP ATLAS - Seismic Reflection Profiles of the Italian Crust*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 62, 194 pp.

SLEJKO D., CARULLI G.B., CARRARO F., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. E ZANOLLA C., 1987 - *Modello Sismotettonico dell'Italia Nord-Orientale*. CNR- GNDT, U.R. 14 "Sismotettonica delle Alpi", 82 pp.

SLEJKO D., CARULLI G.B., NICOLICH R., REBEZ A., ZANFERRARI A., CAVALLIN A., DOGLIONI C., CARRARO F., CASTALDINI D., ILICETO V., SEMENZA E. AND ZANOLLA C., 1989 - *Seismotectonics of the eastern Southern Alps : a review*. Boll. Geof. Teor. Appl., v. 31, n. 122, pp. 109-136.

STEFANI C., 1984 - *Sedimentologia della molassa delle Prealpi Carniche occidentali*. Mem. Soc. Geol. It., 36, pp. 427-442.

STEFANI C., 1987 - *Composition and provenance of arenites from the Chattian to Messinian clastic wedges of the Venetian foreland basin (Southern Alps, Italy)*. Giornale di Geol., 3, 49 (1), pp. 155-166.

STEFANINI S., 1980 - *Il termalismo delle acque artesiane nelle lagune di Marano, di Grado e nelle aree adiacenti*. Rassegna Tecnica del Friuli Venezia Giulia, XXXI, n. 5, gruppo IV, pp. 19-24.

STEFANINI S. E CUCCHI F., 1976 - *Gli acquiferi nel sottosuolo della provincia di Gorizia (Friuli Venezia Giulia).* Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, Roma, v. 28 (13), P/342, pp. 351-366.

STEFANINI S. E CUCCHI F., 1977 - *Gli acquiferi nel sottosuolo della provincia di Udine (Friuli-Venezia Giulia).* Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, Roma, v. 34 (6), P/368, pp. 131-147.

STEFANINI S. E CUCCHI F., 1977 - *Le ghiaie nel sottosuolo della pianura veneta ad oriente del Piave*. Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque, Roma, Roma, v. 34 (3), P/365, pp. 67-79.

STEFANINI S., 1987 - *Nuove indagini sulla costituzione profonda della falda nel Campo di Osoppo e Gemona.* Estratto della Rassegna Tecnica del Friuli-Venezia Giulia, n° 6, Anno XXXVIII, pp. 36-41.

TRANSALP CONFERENCE, TRIESTE, 2003 - Extended Abstracts of oral and poster presentations. Mem. Sc. Geol., v. 54, 268 pp.

TUNIS G. AND VENTURINI S., 1987 - *New data and interpretation of the geology of the southern Julian Prealps (Eastern Friuli).* Mem. Soc. Geol. It., v. 40, pp. 219-229.

VAI, G.B., VENTURINI, C., Carulli G.B. e Zanferrari A., 2002 - *Alpi e Prealpi Carniche e Giulie (Friuli-Venezia Giulia).* Guide Geologiche Regionali, Società Geologica Italiana, BE-MA Editrice, 389 pp.

VENTURINI S., 1987 - *Nuovi dati sul Tortoniano del sottosuolo della pianura friulana.* Gortania, Atti Museo Friuli St. Nat., v. 9, pp. 5-16.

VENTURINI C., 1990 - *Cinematica neogenico-quaternaria del sudalpino orientale (settore friulano).* Studi Geologici Camerti, v. speciale, pp. 109-116.

VENTURINI S. E TUNIS G., 1991 - *Segnalazione di depositi miocenici nella Val Tremugna e presso Osoppo (Friuli).* Atti Ticinesi di Sci. della Terra, Dip. di Sc. della Terra, Pavia, C.N.R., v. 487, n. 34, pp. 39-42.

VENTURINI S. E TUNIS G., 1993 - *La composizione dei conglomerati cenozoici del Friuli: dati preliminari.* St. Geol. Camerti, v. speciale, pp. 285-295.

VENTURINI S., 2002 - *Il pozzo Cargnacco 1: un punto di taratura stratigrafica nella pianura friulana.* Mem. Soc. Geol. It., v. 57, pp. 11-18.

ZANFERRARI A., BOLLETTINARI G., CAROBENE L., CARTON A., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., PANIZZA M., PELLEGRINI G.B., PIANETTI F. E SAURO U., 1982 - *Evoluzione Neottetonica dell'Italia Nord-Orientale*. Mem. Sci. Geol., v. 35, pp. 355-376.

ZANFERRARI A., POLI M.E. AND ROGLEDI S., 2003 - *The external thrust belt of the eastern Southern Alps in Friuli (NE Italy).* Transalp Conference, Trieste. Mem. Sci. Geol., v. 54, pp. 159-162.

ZATTIN M., CUMAN A., FANTONI R., MARTIN S., SCOTTI P. AND STEFANI C., 2003 - *Thermocronological evolution of the Southern Alps along the Transalp profile*. Transalp Conference, Trieste. Mem. Sci. Geol., v. 54, pp. 127-130.

TAVOLA 1
CARTA DELLE ISOPACHE DEL QUATERNARIO
(ISOPACHS MAP OF THE QUATERNARY COVER)

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
DIREZIONE CENTRALE AMBIENTE E LAVORI PUBBLICI - SERVIZIO GEOLOGICO

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
Sez. Georisorse e Ambiente

CARTA DEL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA FRIULANA
(MAP OF SUBSURFACE STRUCTURES OF THE FRIULI PLAIN)

TAVOLA 1
CARTA DELLE ISOPACHE DEL QUATERNARIO
(ISOPACHS MAP OF THE QUATERNARY COVER)

TAVOLA 2
CARTA DEL TETTO DEI CARBONATI
(MAP OF THE TOP OF CARBONATES)

A cura di:
Rinaldo Nicolich[1]
Bruno Della Vedova[1]
Michela Giustiniani[1]

Con la collaborazione di:
Roberto Fantoni[2]

1. Dipartimento di Ingegneria Civile, Sezione Georisorse e Ambiente, Università degli Studi di Trieste
2. ENI E&P • S. Donato Milanese, Milano

Bernadia 1 · Gemona 1 · Span 1 · Cargnacco 1 · Lavariano 1 · S.Stino 1 · Cavanella 1 · Cesarolo 1 · S.Donà 1 · Eraclea 1

UDINE · PORDENONE · GORIZIA · TRIESTE · Codroipo · Palmanova · Cervignano del Friuli · Latisana · Portogruaro · Aquileia · Grado · Lignano Sabbiadoro · Montalcone · S. Giorgio di Nogaro · S. Daniele del Friuli · Cividale del Friuli · S. Donà di Piave

F. Tagliamento · F. Ledra · F. Cormor · F. Corno · F. Stella · F. Turgnano · F. Natisone · F. Isonzo · F. Livenza · F. Meduna · F. Cellina · F. Piave · FIUME TAGLIAMENTO

Linee di egual spessore dei depositi Quaternari (in m)
Isopachs of Quaternary deposits (in m)

Margine occidentale della Piattaforma Friulana
Western margin of the Friuli Platform

Sovrascorrimenti Alpini e Dinarici
Alpine and Dinaric overthrusts

Pozzi
Wells

Principali litologie affioranti
Outcropping lithologies

- Molasse Oligo-Mioceniche — *Oligo-Miocene Molasse*
- Unità Terrigene Paleogeniche — *Paleogene Terrigenous Units*
- Unità Carbonatiche — *Carbonate Units*

Litologie del substrato Pre-Quaternarie
Lithologies of the Pre-Quaternary bedrock

- Depositi Pliocenici — *Pliocene deposits*
- Molasse Oligo-Mioceniche — *Oligo-Miocene Molasse*
- Unità terrigene Paleogeniche — *Paleogene Terrigenous Units*
- Unità Carbonatiche — *Carbonate Units*

0 5 10 20 km
Scala 1:200.000

TAVOLA 2
CARTA DEL TETTO DEI CARBONATI
(ISOBATE IN m DAL l.m.m.)
(MAP OF THE TOP OF CARBONATES: ISOBATHS IN m FROM m.s.l.)

Principali litologie affioranti
Outcropping litologies

- Molasse Oligo-Mioceniche — *Oligo-Miocene Molasse*
- Unità Terrigene Paleogeniche — *Paleogene Terrigenous Units*
- Unità Carbonatiche — *Carbonate Units*

Isobate del tetto dei Carbonati (riferimeno l.m.m., equidistanza 100 m)
Depth to the top of Carbonates (isolines from m.s.l., contour interval 100 m)

Margine sud-occidentale della Piattaforma Friulana
South-Western margin of the Friuli Platform

Sovrascorrimenti Dinarici ed Alpini
Dinaric and Alpin overthrust

Faglie dirette
Normal faults

Pozzi
Wells

Tracce delle sezioni geologiche
Tracks of the Geologic Sections

Linea della Valsugana · Linea Pinedo-Avasinis · Linea M. Brancot-Uccea · Linea Staro-Selo · Linea di Barcis · Linea di Belluno · Linea di Bassano

Belluno 1 · Sedico 1 · Bernadia 1 · Gemona 1 · Span 1 · Cargnacco 1 · Lavariano 1 · Volpago 1 · Nervesa 1 · Arcade 1 · Merlengo 1 · Paese 1 dir · S.Stino 1 · Cavanella 1 · Cesarolo 1 · S.Donà 1 · Eraclea 1 · Jesolo 1 · Ballan 1 · Assunta 1 · Lido 1 · Amanda 1 bis · Amira 1 · Rachele 1 · Ada 1 bis

A A' B B' C C' D D' E E'

0 5 10 20 km
Scala 1:300.000

Con i contributi di:
Sandro Venturini, Dario Sartorio, Sergio Rogledi
(ENI E&P, S. Donato Milanese, Milano)

Alberto Castellarin
(Dip. di Scienze della Terra & Geologico Ambientali, Università di Bologna)

Chiara Barbieri
(Dip. di Scienze della Terra, Università di Pavia)

Francesca Catenacci
(Dip. di Ing. Civile, Università di Trieste)

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia - Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici - Servizio Geologico

Direttore del Servizio Geologico: Tiziano Tirelli

Coordinatore Cartografia Geologica Regionale: Mario Ravalico

Sistema di riferimento: Gauss-Boaga Fuso Est

Foglio con Note Illustrative

Allestimento cartografico e stampa: LITOGRAFIA *artistica* CARTOGRAFICA S.r.l. - Firenze 2004

UNITRIESTE - Carta del Sottosuolo - TAV. 1-2 CIANO - MAGENTA - GIALLO - NERO

TAV_12_E.indd 1 22/12/2004, 14.41

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENEZIA GIULIA
DIREZIONE CENTRALE AMBIENTE E LAVORI PUBBLICI - SERVIZIO GEOLOGICO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
Sez. Georisorse e Ambiente

CARTA DEL SOTTOSUOLO DELLA PIANURA FRIULANA

(MAP OF SUBSURFACE STRUCTURES OF THE FRIULI PLAIN)

TAVOLA 3
SEZIONI GEOLOGICHE
(GEOLOGIC SECTIONS)

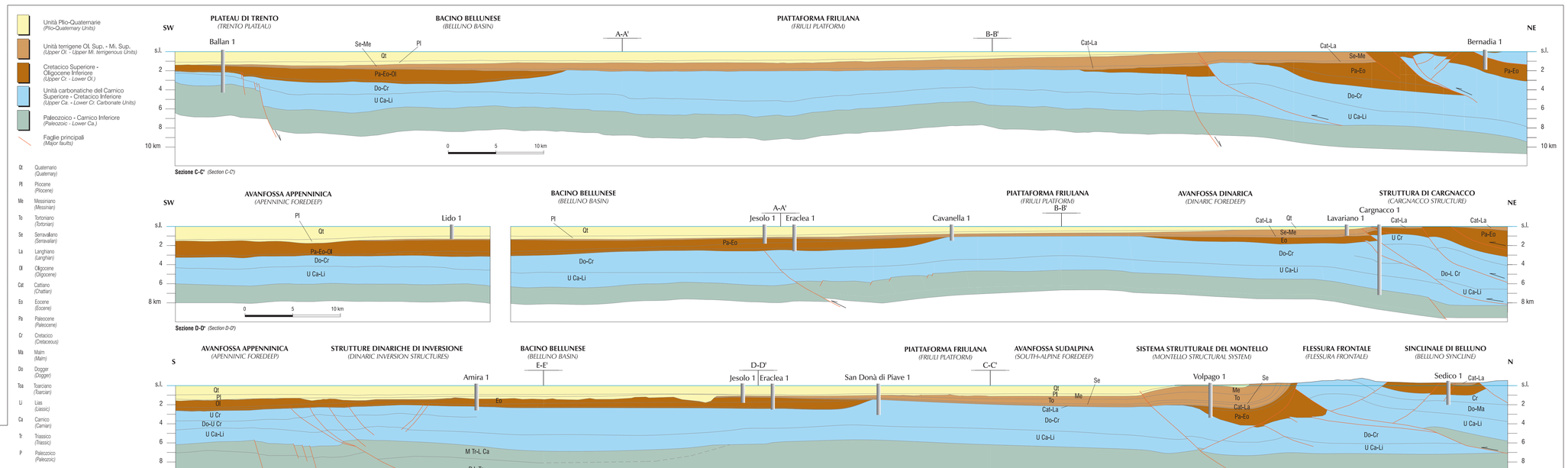
TAVOLA 4
SEZIONI LITOSTRATIGRAFICHE DEI POZZI
(LITHOSTRATIGRAPHIC SECTIONS FROM EXPLORATORY WELLS)

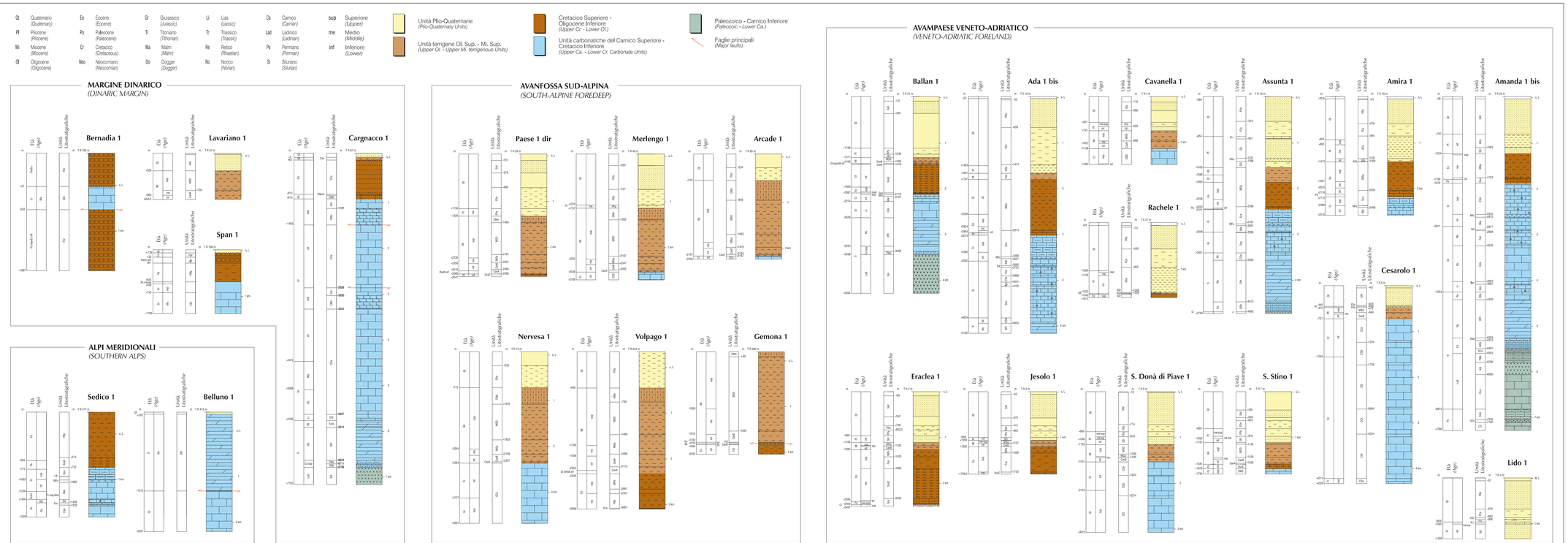
A cura di:
Rinaldo Nicolich[1]
Bruno Della Vedova[1]
Michela Giustiniani[1]

Con la collaborazione di:
Roberto Fantoni[2]

1. Dipartimento di Ingegneria Civile, Sezione Georisorse e Ambiente, Università degli Studi di Trieste
2. ENI E&P – S. Donato Milanese, Milano

TAVOLA 3
SEZIONI GEOLOGICHE
(GEOLOGIC SECTIONS)





Allestimento cartografico e stampa: LITOGRAFIA artistica CARTOGRAFICA S.rl. - Firenze 2004